



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE HUMANA E MEIO  
AMBIENTE - PPGSHMA**

**Thyara Noely Simões**

**METAIS PESADOS EM SEDIMENTO, CASCAS DE OVOS E  
SANGUE DE TARTARUGAS MARINHAS DA ESPÉCIE  
*Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766)**

**Vitória de Santo Antão - PE**

**2016**

**Thyara Noely Simões**

**METAIS PESADOS EM SEDIMENTO, CASCAS DE OVOS E  
SANGUE DE TARTARUGAS MARINHAS DA ESPÉCIE**

*Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em **Saúde Humana e Meio Ambiente**.

Área de Concentração: Saúde Humana e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Aparecido Chagas

**Vitória de Santo Antão - PE**

**2016**

Catálogo na Fonte  
Sistema de Bibliotecas da UFPE. Biblioteca Setorial do CAV.  
Bibliotecária Ana Lúcia Feliciano dos Santos, CRB4: 2005

S594m Simões, Thyara Noely.

Metais pesados em sedimento, cascas de ovos e sangue de tartarugas marinhas da espécie *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) / Thyara Noely Simões. - 2016.

xiii, 65 folhas: il.;fig., tab.

Orientador: Cristiano Aparecido Chagas.

Dissertação (Mestrado em Saúde Humana e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco, CAV, Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente, 2016.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Ecologia. 2. Poluição da Água. 3. Fauna Marinha. I. Chagas, Cristiano Aparecido (Orientador). II. Título.

597.05 CDD (23.ed.)

**BIBCAV/UFPE-55/2016**



Dissertação de Mestrado apresentada por **Thyara Noely Simões** ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco, sob o título: “**METAIS PESADOS EM SEDIMENTO, CASCAS DE OVOS E SANGUE DE TARTARUGAS MARINHAS DA ESPÉCIE *ERETMOCHELYS IMBRICATA* (LINNAEUS, 1766)**”, orientada pelo Prof. Dr. Cristiano Aparecido Chagas, aprovada no dia 16 de março de 2016 pela Banca Examinadora composta pelos seguintes professores:

---

**Dr. André Maurício Melo Santos**  
Núcleo de Biológicas – CAV/UFPE

---

**Dr. Luiz Augustinho Menezes da Silva**  
Núcleo de Biológicas – CAV/UFPE

---

**Dr.<sup>a</sup> Jozélia Maria de Sousa Correia**  
Núcleo de Biologia – UFRPE

Autora

---

**Thyara Noely Simões**

Dedico esta dissertação aos meus pais,  
Valter e Divaneide, e a todas as pessoas que  
contribuem para a conservação das tartarugas marinhas

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo seu amor, pela força e sabedoria e por sempre está comigo em todos os momento da minha vida.

A minha mãe, Divaneide Simões, por ter se dedicado e me apoiado em tudo, sempre lembrarei da nossa amizade e da sua confiança nas minhas decisões. Ao meu pai, que mesmo não estando mais entre nós, sempre se esforçou para minha educação.

Ao meu esposo, Albérico Queiroz pelo carinho, compreensão durante esse período e principalmente por fazer sugestões construtivas sobre a pesquisa, além de está ao meu lado todos os dias.

Agradeço a ONG Ecoassociados, principalmente ao Arley Cândido e a Audenise Albuquerque, por terem me apoiado e se dedicado durante todo o período da coleta dos dados. A toda a equipe da Ecoassociados por ter me proporcionado momentos de felicidades e por terem me ajudado durante os trabalhos de campo.

Ao meu orientador, Cristiano Chagas por ter me aceitado como orientanda, pela sua dedicação, paciência e ter acreditado nesta pesquisa.

Aos amigos do laboratório de Biotecnologia e Fármacos e ao grupo Genotox pela troca de informações e por me ajudarem também nas atividades de campo.

Ao Laboratório Nacional de Luz Síncroton do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM pelo financiamento das análises e viabilização da pesquisa.

Ao Laboratório de Bromatologia e ao professor Emerson Peter, pelos conselhos dados e por ter me auxiliado nas atividades do laboratório.

Aos docentes do curso de Pós Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, que contribuíram para a minha formação durante esses dois anos e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo acadêmico e científico com a consentimento da bolsa.

Agradeço aos amigos do mestrado pelos momentos de aprendizado e descontração, e em especial aos amigos André e Erima, pelo companheirismo, amizade, risadas e apoio ao longo do curso.

E a todos os amigos que não foram citados aqui, mas que de alguma forma contribuíram no meu crescimento profissional e dividiram momentos mágicos e únicos desta etapa.

Muito obrigada a todos!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	viii
<b>LISTA DE TABELAS</b>	ix
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	x
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	xi
<b>RESUMO</b>	xii
<b>ABSTRACT</b>	xiii
<b>CAPÍTULO 1</b>	1
<b>1.1 Introdução</b>	1
<b>1.2 Objetivos</b>	3
1.2.1 Objetivo Geral	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
<b>1.3 Revisão da Literatura</b>	4
1.3.1. Biologia das Tartarugas Marinhas	4
1.3.2. Poluição Marinha por Metais Pesados	7
1.3.3. Contaminação de Metais Pesados em Tartarugas Marinhas	9
1.3.4. Técnica Analítica de Fluorescência de Raios X	10
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>TEORES DE METAIS PESADOS EM <i>Eretmochelys imbricata</i>, Linnaeus, 1766, (TESTUDINES; CRYPTODIRA), NO LITORAL DE PERNAMBUCO, BRASIL</b>	
<b>Resumo</b>	13
<b>Abstract</b>	14
<b>1. Introdução</b>	15
<b>2. Material e Métodos</b>	16
2.1 <i>Área de estudo</i>	16
2.2 <i>Coleta das amostras em campo</i>	17
2.3 <i>Análises laboratoriais dos metais pesados</i>	18
2.4 <i>Análises estatísticas</i>	19
<b>3. Resultados e Discussão</b>	19

<b>Agradecimentos</b>	25
<b>Referências Bibliográficas</b>	25
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	34
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	35
<b>ANEXO I</b>	47
<b>ANEXO II</b>	58
<b>ANEXO III</b>	64

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Primeira Figura do Capítulo 1: Espécie <i>Eretmochelys imbricata</i> em Porto de Galinhas, litoral do Ipojuca/PE. Fonte: Arquivo Ecoassociados, 2012.	5
Figura 2	Segunda Figura do Capítulo 1: Laboratório Nacional de Luz Síncroton (A) do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM. Equipamento de Fluorescência de Raios X (XRF) (B). Campinas, São Paulo, Brasil.	11
Figura 1	Primeira Figura do Capítulo 2: Mapa de localização da área de estudo, e os locais de coleta nas praias de Muro Alto, Cupe, Merepe, Porto de Galinhas e Maracaípe, no município do Ipojuca, Pernambuco, Brasil.	17

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Primeira Tabela do Capítulo 2: Caracterização dos ninhos de <i>Eretmochelys imbricata</i> quanto ao número de filhotes vivos, natimortos, ovos não eclodidos, totais de ovos e sucesso de eclosão.o (%). Período de Janeiro a Maio de 2015, no litoral do Ipojuca, PE	20
Tabela 2	Segunda Tabela do Capítulo 2: Concentrações médias de metais pesados (média e desvio padrão) em sangue (ppm ou µg/ml de plasma) de fêmeas de <i>Eretmochelys imbricata</i> , cascas (ppm ou µg/g) de ovos e no sedimento (ppm ou µg/g) dos ninhos, no litoral do Ipojuca, PE.	21
Tabela 3	Terceira Tabela do Capítulo 2: Resultados do modelo GLM para as concentrações dos metais pesados em sangue das fêmeas de <i>Eretmochelys imbricata</i> no litoral do Ipojuca, PE.	23

## LISTA DE SÍMBOLOS

<	Menor que
>	Maior que
'	Minutos
”	Segundos
°	Grau
-	Menos
=	Igualdade
±	Mais ou menos
%	Porcentagem

## LISTA DE ABREVIATURAS

XRF	Fluorescência de Raios X
Km	Quilômetro
m	Metro
Kg	Quilograma
g	Gramma
µg	Micrograma
mL	Mililitro
µl	Microlitro
L	Litros
rpm	Rotação por minuto
ppm	Parte por milhão
°C	Graus Celsius
Nº	Número
S	Sul
O	Oeste
ONG	Organização Não Governamental
SISBIO	Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
CCC	Comprimento curvilíneo da carapaça
LCC	Largura curvilínea da carapaça
TO	Total de ovos
SanNi	Níquel no sangue
SedCu	Cobre no sedimento
SanHg	Mercúrio no sangue

## RESUMO

Neste estudo, sangue de fêmeas, cascas de ovos e sedimento do ninho de tartarugas *Eretmochelys imbricata* coletados durante o período reprodutivo, foram analisados por Fluorescência de Raios X para determinar a presença e as concentrações de Ni, Co, Cu, Hg, Pb e Cr e suas possíveis interferências em alguns aspectos reprodutivos. Todos os elementos foram detectados em baixas concentrações. O Ni foi o elemento encontrado em maiores concentrações nas três matrizes; enquanto o Hg foi encontrado em menores concentrações. As análises demonstraram relação positiva ( $p < 0,05$ ) entre o número de ovos que não eclodiram e a concentração de Cu e Pb no sangue. No entanto, os metais não tiveram influência na produção dos ovos nem na mortalidade dos neonatos; tampouco houve relação direta na transferência materna para as cascas. Assim, metais pesados podem ter alguma influência na reprodução da espécie, mesmo em baixas concentrações. Em concentrações maiores, estes poluentes podem ser importantes limitantes da reprodução de tartarugas marinhas.

**Palavras-Chave:** Conservação, elementos traços, poluição marinha, tartaruga de pente.

## ABSTRACT

In this study, blood, egg shells, and nest sediments of sea turtles *Eretmochelys imbricate*, collected during reproductive period, were analyzed by X- Ray fluorescence to determine the presence and concentrations of Ni, Co, Cu, Hg, Pb and Cr and their possible interference in some reproductive data. All elements were detected in low concentrations. Ni has been found in higher concentrations in three matrices; while Hg was found in lower concentrations. Our analyses demonstrated significant relationship ( $p < 0,05$ ) between the unhatched eggs and blood concentrations of Cu and Pb. However, the metals did not have influence on egg production nor on newborn mortality; furthermore, no evidence of transference from mother to eggshells was found. Thus, heavy metals may have some influence on the reproduction of *Eretmochelys imbricata*, even at low concentrations. In higher concentrations, these pollutants may have important influence in reproduction of sea turtles.

**Keywords:** Conservation, trace elements, marine pollution, hawksbill turtle.

# CAPÍTULO 1

## 1.1 Introdução

Os oceanos e os mares representam ecossistemas com grande biodiversidade ao mesmo tempo em que funcionam como compartimentos de uma grande variedade de contaminantes desenvolvidos pela atividade humana (MOELLER; REEH, 2003). Grande parte dos poluentes no ambiente marinho é descarregada por atividades agrícolas e industriais (CLARK, 2001). Dentre estes poluentes, os metais pesados estão entre os mais importantes, depositando-se no solo, na água de rios e lagos e no mar em quantidades significativas (ÇELIK et al., 2006); no ambiente marinho, pode se acumular nas áreas costeiras, na coluna de água e no substrato marinho (KRAAL et al., 1995).

Recentemente, diversos estudos relatam que a poluição marinha, desencadeada pela emissão aos mares de poluentes como metais pesados, compostos organoclorados e outras substâncias poluidoras, é crescente e representa preocupação por desempenhar um importante papel no declínio da população das tartarugas marinhas (CARR, 1987; HUTCHINSON; SIMMONDS, 1991; BJORN DAL et al., 1994; SAKAI et al., 2000; ANAN et al., 2002). As tartarugas marinhas são animais amplamente distribuídos nos oceanos, apresentam vida longa, forrageira alimentando-se principalmente de algas, esponjas e crustáceos. Durante seu ciclo reprodutivo, percorrem os oceanos até chegarem à praia onde nasceram para depositarem seus ovos (LOHMANN et al., 1997).

Uma das espécies de tartarugas marinhas importantes na costa brasileira é a *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766), conhecida popularmente como tartaruga de pente. Pesa em média 150 kg, possui cabeça relativamente pequena e bico reto, (PRITCHARD; MORTIMER, 1999). É considerada uma espécie onívora, se alimentando em áreas recifais, consumindo principalmente algas e esponjas (PRITCHARD, 1983; MARCOVALDI; MARCOVALDI, 1985). No Brasil, as desovas ocorrem em maiores quantidades no litoral norte dos estados da Bahia e Sergipe e no litoral sul do Rio Grande do Norte (MARCOVALDI et al., 2011), mas em algumas outras áreas já foram registradas em menores quantidades como em Pernambuco (MOURA et al., 2012; SIMÕES, et al., 2014).

Atualmente a espécie *E. imbricata* é classificada como “criticamente em perigo” de extinção pela *International Union for Conservation of Nature* - IUCN (2016). Vários fatores vêm contribuindo para a redução da população: ação antrópica nas praias, a captura

acidental nas pescas costeiras, poluição marinha, fotopoluição, tráfego de veículos e ocupação da orla por construções de imóveis (MARCOVALDI et al., 2011).

Por sua vez, como forma de poluição marinha, a emissão de metais pesados nos rios e mares pode estar relacionada a um declínio na população desses animais. Kampalath et al. (2006) mostraram, por exemplo, que o mercúrio pode afetar a sobrevivência e a reprodução das tartarugas marinhas, e sugerem que a ampla distribuição geográfica dos animais pode favorecer a exposição. Os metais pesados podem prejudicar o forrageamento, aumentando a taxa de mortalidade e causar alterações na reprodução (RUSELL et al., 1999; MARCO et al., 2004); podem também desencadear danos no crescimento de filhotes em estágios iniciais da vida, fase na qual apresentam maior sensibilidade aos contaminantes químicos; e podem ser transferidos da tartaruga fêmea para os ovos ao longo do ciclo reprodutivo, prejudicando o sucesso de eclosão dos ovos que são depositados nas praias de nidificação (GUIRLET; DAS; GIRONDOT, 2008).

Tartarugas marinhas são consideradas bioindicadores dos impactos ao ecossistema marinho devido à sua forte capacidade de bioacumulação de poluentes aquáticos durante sua migração pelos oceanos e por se alimentarem de diferentes níveis tróficos (KAMPALATH et al., 2006). Pouco se sabe a respeito da presença de metais pesados em indivíduos e cascas de ovos de tartarugas marinhas vivas, tendo em vista que os trabalhos estão limitados à análise do acúmulo de metais pesados em tecidos e/ou órgãos de outras espécies de tartarugas marinhas encontradas mortas (DAVENPORT; WRENCH, 1990; DAVENPORT et al., 1990; AGUIRRE et al., 1994; PÁEZ-OSUNA et al., 2010; MOURA et al., 2012). Diante disso o conhecimento dos efeitos destes poluentes na saúde e reprodução destes animais, bem como a informação do grau de poluição dos ambientes marinhos pode desencadear o surgimento de estratégias conservacionistas para esses quelônios marinhos ameaçados de extinção.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1. Objetivo geral

Determinar os teores dos metais pesados níquel (Ni), cobalto (Co), cobre (Cu), mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e cromo (Cr) e seus possíveis efeitos na reprodução de fêmeas de tartarugas marinhas da espécie *Eretmochelys imbricata* que desovam no litoral do município do Ipojuca, Pernambuco, Brasil.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Verificar, através da técnica de Fluorescência de Raios X (XRF), a presença e a concentração de Ni, Co, Cu, Hg, Pb e Cr no sangue das fêmeas, no sedimento do ninho e em fragmentos de cascas de ovos;
- Avaliar a possibilidade da transferência materna de metais pesados para os ovos durante o ciclo reprodutivo das fêmeas;
- Verificar a possibilidade de contaminação dos ovos por metais através do sedimento em que estes foram incubados;
- Testar se a bioacumulação dos metais pesados está relacionada ao comprimento curvilíneo da carapaça e à largura curvilínea da carapaça das fêmeas;
- Analisar se há uma relação entre o sucesso de eclosão, o número total de ovos, o número de natimortos, o número de filhotes vivos e o número de ovos não eclodidos com a contaminação por estes metais nas três matrizes analisadas.

## 1.3 Revisão da Literatura

### 1.3.1. Biologia das Tartarugas Marinhas

As tartarugas são répteis aquáticos que surgiram no período Triássico a mais de 200 milhões de anos, caracterizadas por possuírem uma carapaça ossificada e membros adaptados à vida terrestre (GAFFNEY, 1990). As tartarugas marinhas possuem membros modificados em nadadeiras (PRITCHARD, 1997), uma carapaça com um formato hidrodinâmico (WYNEKEN, 2001) e a presença da glândula de sal, responsável pelo controle osmótico e iônico (LUTZ, 1997; POUGH et al., 2003). O ambiente terrestre é usado apenas para nidificação (PRITCHARD, 1997; MARCOVALDI et al., 2011; MACÊDO, 2012).

Tais animais pertencem às famílias Dermochelyidae (*Dermochelys coriacea*, Linnaeus, 1758, popularmente conhecida como tartaruga de couro) e Cheloniidae com as espécies *Chelonia mydas*, Linnaeus, 1758 (conhecida como tartaruga verde), *Caretta caretta*, Linnaeus, 1758 (tartaruga cabeçuda) *Eretmochelys imbricata*, Linnaeus, 1766 (com o nome popular de tartaruga de pente) *Lepidochelys olivacea*, Escholtz, 1829 (a tartaruga oliva) *Lepidochelys kempii*, Garman, 1880 (conhecida popularmente como tartaruga de kemp) e *Natator depressus*, Garman, 1880 (como nome comum de tartaruga australiana). Ao longo do litoral brasileiro existem registros de cinco espécies de tartarugas marinhas: a *C. mydas*; a *C. caretta*; a *E. imbricata*; a *L. olivacea*; e a *D. coriacea* (MARCOVALDI; MARCOVALDI, 1999).

Segundo Lima e Troëng (2001), durante o seu ciclo de vida, as tartarugas marinhas podem percorrer mais de 5.000 km entre as áreas de alimentação e as áreas de desova, todo esse percurso acontece durante suas migrações pelos oceanos de águas tropicais, subtropicais e temperadas (PLOTKIN, 2003; MACÊDO, 2012). Tais migrações são complexas; estudos através de marcações e telemetrias mostram que esses animais migram à procura de recursos alimentares e suas rotas variam de acordo com a variação espacial e temporal destes recursos (PLOTKIN, 2003; MARCOVALDI et al., 2011).

A tartaruga da espécie *C. mydas* apresenta uma carapaça óssea coberta por queratina (PRITCHARD, 1997); alimenta-se de algas e plantas marinhas (BJORNDAL, 1985; BUGONI, 2003). A tartaruga *C. caretta* e a *L. olivacea* apresentam uma distribuição circunglobal nos oceanos tropicais, subtropicais e temperados, são carnívoras, comendo principalmente crustáceos e peixes (DODD, 1988; MARCOVALDI; MARCOVALDI 1999). A *D. coriacea* é a maior tartaruga marinha; tem uma carapaça óssea formada por vários ossos

pequenos revestidos por gordura e sua dieta consiste em animais gelatinosos (PRITCHARD, 1997; JAMES; HERMAN, 2001; WITT et al., 2007).

A espécie *E. imbricata* (Figura 1) semelhante às outras espécies de tartarugas marinhas apresenta um ciclo de vida complexo, utilizando diferentes ambientes ao longo da vida (SANTOS, 2008). É uma espécie de crescimento lento, maturação tardia, podendo levar mais de vinte anos para alcançar a maturidade sexual (BJORNDAL, 2000; CHACÓN-CHAVERRI, 2004).



**Figura 1.** Espécie *Eretmochelys imbricata* em Porto de Galinhas, litoral do Ipojuca/PE. Fonte: Arquivo Ecoassociados, 2012.

Para Pritchard e Mortimer (2000), esse animal apresenta, quando adulto, uma cabeça relativamente pequena com 12 cm de largura, caracterizada pela presença de dois pares de placas pré-frontais e três pós-orbitais e tem um bico parecido com o de uma ave (WYNEKEN, 2001). A carapaça, de coloração marrom, apresenta quatro pares de placas córneas laterais sobrepostas e ovais, com margem posterior serrilhada. A espécie destaca-se por ser a única dentre as tartarugas marinhas que possui suas escamas imbricadas (WYNEKEN, 2001). Pode chegar a 1 m de comprimento curvilíneo da carapaça e pesa em média 150 kg (PRITCHARD; MORTIMER, 1999).

Durante a sua fase reprodutiva, as fêmeas dessa espécie podem colocar de 100 a 200 ovos (PILCHER; ALI, 1999), que são menores quando comparados com os das demais espécies (MILLER et al., 2003). O período de incubação varia entre 45 e 60 dias (CHACÓN-CHAVERRI, 2004) e ao longo da temporada reprodutiva, uma fêmea desova de uma a oito vezes (CHAN; LIEW, 1999; DOBBS et al., 1999) com intervalos que duram aproximadamente 15 dias entre uma postura e outra (MORTIMER; BRESSON, 1999; CHACÓN-CHAVERRI, 2004).

Essa espécie é considerada onívora, alimentando-se principalmente de algas (*Sargassum ssp.*) quando filhotes e de esponjas na fase adulta (PRITCHARD, 1983; MARCOVALDI; MARCOVALDI, 1985). As principais áreas de alimentação no Brasil localizam-se nas ilhas oceânicas do Arquipélago Fernando de Noronha-PE (SANCHES; BELLINI, 1999) e do Atol das Rocas-RN (MARCOVALDI et al., 1998), existindo também registros para os Abrolhos-BA, para o arquipélago de São Pedro e São Paulo-PE e para a Ilha do Arvoredo-SC (REISSER et al., 2008; MARCOVALDI et al., 2011).

No Brasil, os principais locais onde ocorrem nidificações são o litoral norte do estado da Bahia e Sergipe (MARCOVALDI; MARCOVALDI, 1999) e no litoral sul do Rio Grande do Norte (MARCOVALDI et al., 2011). Entretanto, são conhecidas áreas com menores concentrações de desovas na Paraíba (MASCARENHAS et al., 2004), no Ceará, no Espírito Santo (MARCOVALDI et al., 2007) e em Pernambuco (MOURA et al., 2012; SIMÕES, et al., 2014).

A tartaruga de pente, entre todas as tartarugas marinhas, é a que mais sofreu com a exploração. Isso ocorreu principalmente pelo uso dos escudos de queratina que recobrem sua osteoderme para artesanato, e também pelo consumo de sua carne e seus ovos (MEYLAN, 1999). Segundo Limpus (1997), a utilização mundial do seu casco ocasionou uma redução drástica da população, o que levou, em 1968, a tartaruga de pente à lista de espécies ameaçadas de extinção da IUCN pela primeira vez.

Segundo a IUCN (2016), todas as espécies de tartarugas marinhas estão ameaçadas de extinção no Brasil e no mundo. Diversos fatores de origem antrópica têm contribuído para que esses animais estejam enquadrados em categorias de risco: crescimento costeiro desordenado; degradação das áreas de desova; predação dos ovos; presença de contaminantes como metais pesados e resíduos sólidos em altas concentrações nos mares e oceanos; atividades associadas com derramamento de óleo e gás; colisões com embarcações; uso de explosivos nos mares e pesca com redes de arrasto ou espinhel (WYNEKEN et al., 1988; LUTCAVAGE et al., 1996; HAMANN et al., 2010; MACÊDO et al., 2011; MACÊDO et al., 2015).

### 1.3.2. Poluição Marinha por Metais Pesados

O grande declínio da diversidade biológica no mundo é originado das atividades do homem. Nos oceanos, por exemplo, a vida é ameaçada de diversas formas, como a atividades pesqueiras, mudanças climáticas pelo aquecimento global, introdução de espécies exóticas e pelo despejo de poluentes como os metais pesados (DERRAIK, 2002). A bioacumulação de poluentes químicos em organismos marinhos é uma realidade ocasionada pela poluição dos oceanos e tais elementos podem ser bioacumulados diretamente da água, ou biomagnificados através da cadeia alimentar (WALLNER-KERSANACH; BIANCHINI, 2008).

Metais pesados compreendem os elementos químicos com eletropositividade, sendo bons condutores de calor e de eletricidade, o que os torna importantes para os seres humanos em muitas atividades industriais, como por exemplo, na confecção de tintas, de baterias automotivas, de antifúngicos, de praguicidas, de conservantes de madeiras e de fármacos (HUEZA; SANT'ANA; PALERMO-NETO, 2008). Metais como o chumbo, o mercúrio e o arsênio estão causando problemas ambientais ao serem despejados inadequadamente nos rios, mares e oceanos. Reações com outros componentes químicos do meio formam substâncias lipossolúveis que acabam, conseqüentemente, sendo absorvidas pelos seres vivos (GUARATINI et al., 2008; HUEZA; SANT'ANA; PALERMO-NETO, 2008).

A disponibilidade de metais pesados pode ter fontes naturais e fontes antrópicas. De acordo com Thurman (1997), a disponibilidade natural desses elementos no ambiente marinho é decorrente da ação do intemperismo e da erosão sobre as rochas vulcânicas, lixiviação e carreamento do sedimento para o mar por meio da precipitação pluviométrica e dos rios, e das movimentações das placas tectônicas submarinas. Porém, segundo Islam e Tanaka (2004), as ações antrópicas globais superam a emissão natural de elementos químicos e as principais fontes de emissão no ambiente marinho são a queima de combustíveis fósseis, o descarte inadequado de resíduos industriais, a produção de ferro e aço, a atividade de mineração e o tráfego veicular. Tal biodisponibilidade e concentração desses metais, e outros elementos e seus compostos, pode apresentar toxicidade para animais e plantas (ISLAM; TANAKA, 2004).

Bernardi et al. (2008) e Hueza et al. (2008) dizem que a principal fonte de contaminação dos animais e do ser humano pelos metais pesados são a ingestão de água e de alimentos contaminados. A exposição dos organismos marinhos aos metais pesados é um problema sério, visto que, pode resultar em perda significativa dos índices zootécnicos,

tornando-se um problema de saúde pública (SILVA, 2011). A contaminação por metais pesados ainda pode desencadear mutações, infecções virais, disfunções endócrinas e imunodepressão, chegando a ocasionar a morte do indivíduo, dependendo da dose absorvida (WALLNER-KERSANACH; BIANCHINI, 2008; GARCÍA-FERNÁNDEZ et al., 2009). A interação dos metais pesados com os organismos pode ser classificada quanto à abundância e toxicidade do composto, de acordo com Marques Júnior et al. (2009) em não críticos como o ferro (Fe), rubídio (Rb), estrôncio (Sr), alumínio (Al); em tóxicos, porém muito insolúveis ou raros, titânio (Ti), gálio (Ga), háfnio (Hf) e lantânio (La); e os muitos tóxicos, cromo (Cr), cobalto (Co), ouro (Au), mercúrio (Hg), níquel (Ni), cobre (Cu), chumbo (Pb), zinco (Zn) e cádmio (Cd).

Esses elementos tóxicos podem ter efeitos nocivos no sistema reprodutivo, no sistema imunológico, no sistema nervoso e podem alterar o comportamento dos organismos atingidos. Esses efeitos são relatados não só em espécies terrestres, mas também em uma variedade de mamíferos e aves marinhas (FRANSON, 1996; DE GUISE et al., 2003; REIJNDERS, 2003). A exposição a certos metais durante os estágios de desenvolvimento dos animais pode ainda elevar a taxa de hormônios tireoidais, esteroidais e adrenais, ocasionando problemas diversos em relação à reprodução e sobrevivência de populações sensíveis (COLBORN, 2002).

De acordo com Santamarta (2001), o mercúrio tem a sua absorção relacionada à forma de contato com o animal. A absorção se dá pelas vias oral, cutânea e pulmonar; ao chegar no interior das células, o mercúrio pode ter efeitos mutagênicos e levar a divisões celulares incompletas. Além disso, alguns compostos como o metilmercúrio, podem afetar o sistema reprodutivo de vários animais, diminuindo a postura de ovos em tartarugas e aves, por exemplo, além de aumentar a taxa de mortalidade de embriões e jovens (SANTAMARTA, 2001).

O chumbo pode ser absorvido pelo organismo na forma de sais de chumbo e passa a competir no organismo com o cálcio, levando a alterações em processos celulares dependentes do íon cálcio, como os canais de cálcio dependentes de voltagens, a ativação de processos enzimáticos, com efeitos no desenvolvimento embrionário, causando anomalias (HUEZA; SANT'ANA; PALERMO-NETO, 2008). Já a exposição a altas concentrações de cromo pode resultar em uma redução na taxa de crescimento e no tamanho do corpo de organismos aquáticos, como também pode influenciar na taxa de reprodução e de sobrevivência dos seus descendentes (MASUTTI, 2004).

Os animais aquáticos, como os peixes, quando expostos a concentrações elevadas de cobre, podem apresentar anomalias corporais, no crescimento e um aumento na

mortalidade de embriões (HEATH, 1995; HANSEN et al., 2002). Já o cobalto apesar de ser um elemento natural encontrado no meio ambiente e ser essencial para o desenvolvimento de algumas algas, é muito tóxico em quantidades elevadas e podem ser cancerígeno para os seres vivos (BEYERSMANN; HARTWIG, 1992; NECHEV; STEFANOV; POPOV, 2006).

O níquel, assim como o cobalto é fundamental para as funções biológicas e de muitas enzimas, mas também apresenta efeitos tóxicos aos organismos quando em excesso. Em organismos marinhos, por exemplo, pode causar problemas de osmorregulação, retardamento no crescimento, diminuição de hemoglobinas e hematócritos (NUNES, 2012), enquanto que em humanos causa problemas respiratórios e dermatológicos (MOORE, 1991).

### **1.3.3. Contaminação de Metais Pesados em Tartarugas Marinhas**

As tartarugas marinhas, por possuírem uma vida bastante longa e serem migratórias, são consideradas excelentes bioindicadores ambientais, pois estão grande parte do tempo expostas a lugares contaminados (ANAN et al., 2001; SILVA, 2011). Elas foram alvo de diversas pesquisas em alguns países, como Turquia (KASKA; FURNESS, 2001), Japão (STORELLI; MARCOTROGIANO, 2003) Itália (MAFFUCCI et al., 2005); México (PÁEZ-OSUNA et al., 2011) e África (CAMACHO et al., 2013). Estes trabalhos buscaram descrever a associação de contaminantes químicos e metais pesados com esses animais, bem como os impactos causados por tal interação.

Alguns estudos relatam que a exposição de ovos de répteis a elementos como o cádmio e o arsênio podem afetar o crescimento dos filhotes e as reproduções posteriores (HOPKINS et al., 1999; BRASFIELD et al., 2004; MARCO et al., 2004), visto que, os ovos desses animais, das aves e dos anfíbios podem se contaminar através de transferência materna durante o desenvolvimento do óvulo (NAGLE et al., 2001; KUBOTA et al., 2002; ROE et al., 2004; HOPKINS et al., 2006). Além disso, a literatura relata que a contaminação por metais pesados também pode favorecer o desenvolvimento de infecções virais nas tartarugas marinhas, ocasionando o surgimento de tumores internos e externos, conhecidos por fibropapilomatose (BALAZS; POOLEY, 1991; HERBST; KLEIN, 1995; GARCÍA-FERNÁNDEZ et al., 2009).

Guirlet, Das e Girondot (2008), em seu trabalho na Guiana Francesa, descrevem a transferência de elementos como o cobre (Cu), zinco (Zn), selênio (Se), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e o mercúrio (Hg) da fêmea de tartaruga de couro para os ovos, de modo semelhante aos estudos realizados por Páez-Osuna et al. (2010) no México com tartaruga oliva e Kaska e Furness (2001) com tartaruga cabeçuda na Turquia. Guirlet, Das e Girondot

(2008) destacam ainda que pode haver contaminação desses ovos pelo sedimento que os circundam no ninho, pois os poros abertos das cascas permitem uma maior troca de gases e de água com o ambiente vizinho. Esse tipo de trabalho é escasso no Brasil, com apenas alguns registros mais recentes como os de Soto et al. (2005), Barbieri (2009) e Macêdo et al. (2015).

Van de Merwe et al. (2010) destacam que, embora os elementos e os tecidos analisados de tartarugas marinhas variem entre os trabalhos, os metais essenciais e tóxicos mais comumente investigados são o zinco (Zn), o cobre (Cu), o cádmio (Cd), o mercúrio (Hg), o arsênio (As) e o chumbo (Pb) e os tecidos mais analisados são fígado, rim, músculo, sangue e os ovos. Entretanto, para *E. imbricata*, os trabalhos publicados nas últimas décadas restringem-se a análises de metais em fígado, rim, músculo e ossos (SAKAI et al., 2000; ANAN et al., 2001; FUJIHARA et al., 2003; GARDNER et al., 2006; MACÊDO, et al., 2015), sendo raros os estudos com sangue e ovos para a espécie, principalmente no litoral brasileiro.

Para Anan et al. (2002), níveis de metais em tartarugas marinhas podem revelar uma melhor imagem dos riscos para os humanos do que as medidas tomadas no ambiente físico, plantas ou invertebrados. Segundo Barbieri (2009), o potencial tóxico da contaminação por alguns elementos químicos pode desencadear importante papel no decréscimo das populações de tartarugas marinhas, destacando que os principais elementos que têm sido monitorados são chumbo, mercúrio e cádmio (STORELLI et al., 2005).

Desta forma, a análise de elementos químicos, mesmo que identificados em pequenas quantidades em material biológico de origem animal torna-se uma importante área de pesquisa para conservação de espécies marinhas, bem como indicadores de possíveis efeitos adversos sobre o homem (VAN DE MERWE et al., 2010).

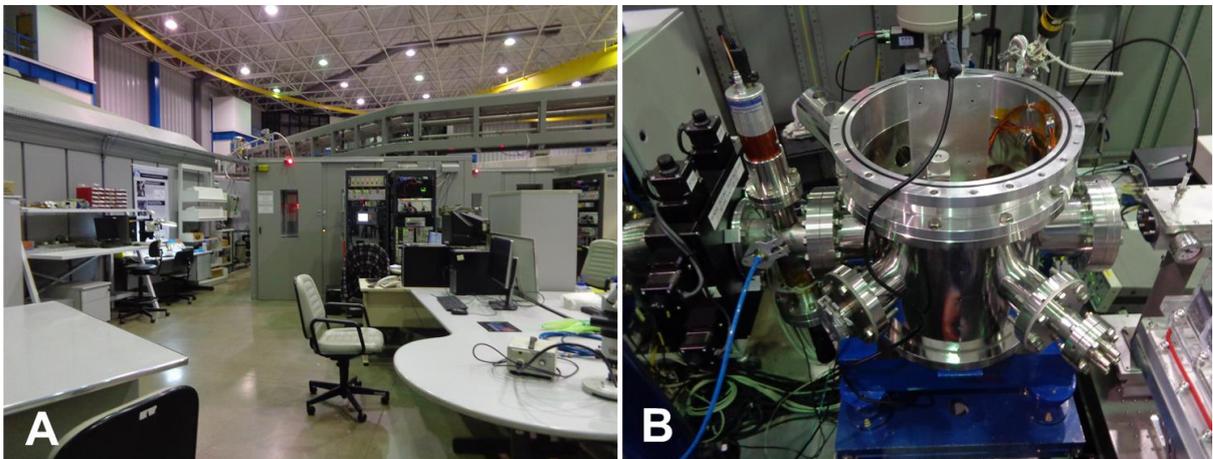
#### **1.3.4. Técnica Analítica de Fluorescência de Raios X**

A análise nuclear de fluorescência de raios-X (XRF) é uma técnica multielementar, baseada na medida das intensidades de raios X, emitidos pelos elementos químicos componentes da amostra quando são excitados (JENKINS; GOULD; GEDCKE, 1981; CANELLAS et al., 2006). Esta técnica tem sido muito utilizada para a detecção de metais pesados, destacando-se em amostras ambientais, biológicas e geológicas, nas quais é possível determinar, simultaneamente, as concentrações de vários elementos (CARVALHO; BRITO; BARREIRO, 1998; MANTUANO et al., 2012).

É um método considerado qualiquantitativo, baseando-se no número de raios X emitidos pelos elementos que constituem a amostra, detectados por unidade de tempo

(BOUMANS; KLOCKENKÄMPER, 1989). Fundamenta-se na emissão de um feixe de raios X de pequeno ângulo sobre uma superfície plana em que a amostra foi depositada. Estes raios excitam os elementos, os quais passam a emitir energias específicas. Ou seja, quando um elemento de uma amostra é excitado começa a eliminar elétrons do interior dos níveis dos átomos; assim, elétrons de níveis mais distantes realizam um salto quântico para preencher o espaço vazio. Cada transição eletrônica caracteriza-se como uma perda de energia para o elétron, e esta energia é emitida na forma de um fóton de raios X para cada elemento (REDÍGOLO, 2011).

A técnica de fluorescência de raios X, além de ser multielementar, apresenta vantagens quando comparada com as outras técnicas de espectrometria. Destaca-se por ser um método rápido e preciso para as amostras biológicas, sem necessidade de destruir as amostras ou realizar qualquer tratamento químico quando sólidas. Para as amostras líquidas, eventualmente emprega-se apenas uma preparação simplificada; nesse caso, uma quantidade muito pequena de amostra é necessária para as análises (de 1-10 $\mu$ l) (BERTIN, 1975; KLOCKENKÄMPER, 2006; CANELLAS et al., 2006; MANTUANO et al., 2012).



**Figura 2.** Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (A) do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM. Equipamento de Fluorescência de Raios X (XRF) (B). Campinas, São Paulo, Brasil.

## CAPÍTULO 2

# **TEORES DE METAIS PESADOS EM *Eretmochelys imbricata*, Linnaeus, 1766, (TESTUDINES; CRYPTODIRA), NO LITORAL DE PERNAMBUCO, BRASIL**

Thyara Noely Simões, Arley Cândido da Silva, Cristiano Aparecido Chagas

---

**Trabalho a ser submetido à Marine Pollution Bulletin, ISSN 0025-326X**

# TEORES DE METAIS PESADOS EM *Eretmochelys imbricata*, Linnaeus, 1766, (TESTUDINES; CRYPTODIRA), NO LITORAL DE PERNAMBUCO, BRASIL

Thyara Noely Simões<sup>1</sup>, Arley Cândido da Silva<sup>2</sup>, Cristiano Aparecido Chagas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente, Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Rua Alto do Reservatório, s/n, 55608-680, Vitória de Santo Antão, PE, Brasil. E-mail: thyara.noely@gmail.com.

<sup>2</sup> Diretor presidente da ONG Ecoassociados, Rua Caraúnas, S/N, Praça 4, Porto de Galinhas, Ipojuca, PE, Brasil.

## Resumo

Neste estudo, sangue de fêmeas, cascas de ovos e sedimento do ninho de *Eretmochelys imbricata* coletados durante o período reprodutivo, foram analisados por Fluorescência de Raios X para determinar a presença e concentrações de Ni, Co, Cu, Hg, Pb e Cr e suas possíveis interferências em aspectos reprodutivos. Todos os elementos foram detectados em baixas concentrações. O Ni foi o elemento encontrado em maiores concentrações nas três matrizes; o Hg foi encontrado em menores concentrações. As análises demonstraram relação significativa ( $p < 0,05$ ) entre o número de ovos não eclodidos e concentração de Cu e Pb no sangue. No entanto, os metais não tiveram influência na produção dos ovos nem na mortalidade dos neonatos; tampouco houve relação direta na transferência materna para as cascas. Assim, metais pesados podem ter alguma influência na reprodução da espécie, mesmo em baixas concentrações. Em concentrações maiores estes poluentes podem ser importantes limitantes da reprodução de tartarugas marinhas.

**Palavras-Chave:** Conservação, elementos traços, poluição marinha, tartaruga de pente

## **Abstract**

In this study, blood, egg shells, and nest sediments of sea turtles *Eretmochelys imbricate*, collected during reproductive period, were analyzed by X- Ray fluorescence to determine the presence and concentrations of Ni, Co, Cu, Hg, Pb and Cr and their possible interference in some reproductive data. All elements were detected in low concentrations. Ni has been found in higher concentrations in three matrices; while Hg was found in lower concentrations. Our analyses demonstrated significant relationship ( $p < 0,05$ ) between the unhatched eggs and blood concentrations of Cu and Pb. However, the metals did not have influence on egg production nor on newborn mortality; furthermore, no evidence of transference from mother to eggshells was found. Thus, heavy metals may have some influence on the reproduction of *Eretmochelys imbricata*, even at low concentrations. In higher concentrations, these pollutants may have important influence in reproduction of sea turtles.

**Keywords:** Conservation, trace elements, marine pollution, hawksbill turtle.

## 1. Introdução

As ações antrópicas vêm emitindo uma quantidade significativa de poluentes nos mares e nos oceanos, sendo os metais pesados os mais lançados nos últimos anos (NRIAGU; PACYNA, 1988; ÇELIK et al., 2006). As áreas costeiras estão se contaminando principalmente por atividades industriais, as quais vêm superando rapidamente as emissões naturais (NRIAGU, 1989; CLARK, 2001; ÖZTÜRK et al., 2002; ÇELIK et al., 2006). Esses elementos, quando presentes nos ecossistemas aquáticos, acabam sendo incorporados nos organismos marinho, na coluna d'água e no sedimento, ocasionando preocupações sobre os seus possíveis efeitos adversos (KRAAL et al., 1995; ANAN et al., 2001).

As tartarugas marinhas são animais amplamente distribuídos, que estão ameaçados de extinção devido às ações do homem (MÂCEDO et al., 2015). A espécie *Eretmochelys imbricata*, Linnaeus, 1766, por exemplo, é a que mais desova no litoral sul de Pernambuco (MOURA et al., 2012; SIMÕES et al., 2014) e encontra-se atualmente classificada pela *International Union for Conservation of Nature* (IUCN, 2016) como “criticamente em perigo” de extinção. Diversos são os fatores que contribuem para a redução desses animais; entre eles estão a captura incidental na pesca, a degradação das áreas de desovas, a fotopoluição e a poluição marinha (HAMANN et al., 2010; MARCOVALDI et al., 2011). Além disso, outros estudos sugerem que a contaminação por metais pesados também podem estar se tornando uma ameaça para esses animais (NAGLE et al., 2001; LAM et al., 2006; GUILERT et al., 2008; LEY-QUINÓÑEZ et al., 2013; MÂCEDO et al., 2015).

Segundo Lam et al. (2004), as tartarugas marinhas são consideradas bioindicadores de contaminação de metais pesados no ecossistema marinho, pois alimentam-se de diferentes níveis tróficos, vivem por muitos anos e apresentam ampla distribuição geográfica. Tais características aumentam as chances de que estes animais se contaminem pela exposição ou pela bioacumulação dos elementos através da alimentação (ANAN et al., 2001; KAMPALATH et al., 2006; BARBIERI, 2009; PAEZ-OSUNA et al., 2010a). Atualmente poucos estudos são conhecidos sobre a presença de metais pesados em sangue e em ovos de *E. imbricata* na costa brasileira, sendo a maioria dos estudos direcionados a análises de tecidos de órgãos de tartarugas marinhas encontradas encalhadas mortas (PÁEZ-OSUNA et al., 2010a; MÂCEDO et al., 2015).

Alguns estudos relatam que a utilização de tecido sanguíneo e amostras de cascas de ovos para detectar metais pesados nesses animais são considerados como métodos não letais, sendo possível obter informações a respeito de transferência materna dos elementos, contaminação dos embriões, riscos à saúde das fêmeas e sua ação sobre o sucesso de

eclosão (LAM et al., 2006; GUILERT et al., 2008; PAEZ-OSUNA et al., 2010a; LEY-QUINÓÉNEZ et al., 2013). Neste estudo, foram analisados os teores dos metais pesados níquel (Ni), cobalto (Co), cobre (Cu), mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e cromo (Cr) em sangue, cascas de ovos e sedimento de ninhos de fêmeas de tartarugas marinhas da espécie *Eretmochelys imbricata*, que desovam no litoral do município do Ipojuca, Pernambuco, Brasil, bem como os seus possíveis efeitos na reprodução desses animais.

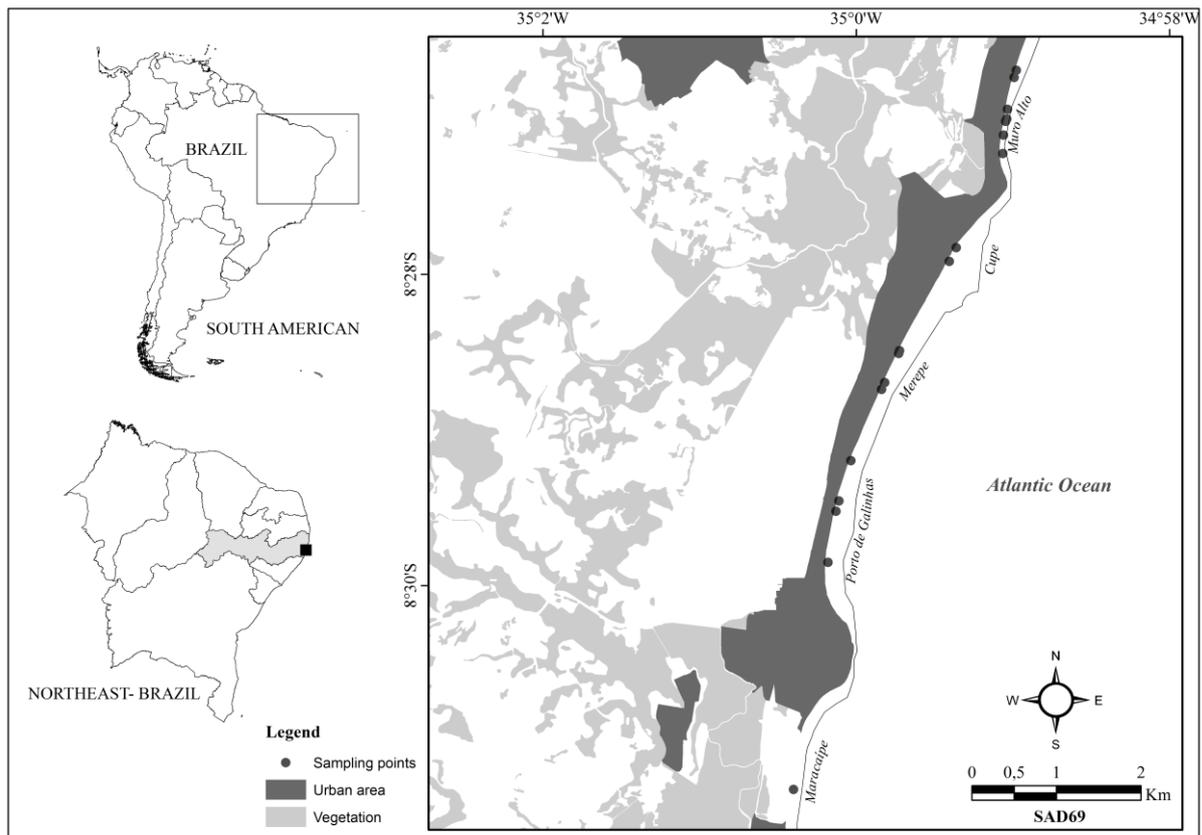
## 2. Material e Métodos

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo localiza-se no município de Ipojuca a 57 km de Recife/Pernambuco, com coordenadas geográficas de 08°24'06" S e 35°03'45" O. O município apresenta 32 km de área litorânea, sendo que em 12 km são registradas desovas de tartaruga marinha pela ONG Ecoassociados (instituição que objetiva proteger e conservar as tartarugas marinhas) nas praias de Muro Alto, Cupe, Merepe, Porto de Galinhas e Maracaípe (Figura 1).

As praias apresentam formações de recifes de arenitos paralelos à costa. Tais estruturas dão suporte para o desenvolvimento e crescimento de corais, algas e pequenos animais marinhos, fazendo parte do habitat de tartarugas marinhas (MOURA et al., 2012).

A praia de Muro Alto tem aproximadamente 2,5 km de extensão, apresenta recifes em toda a sua dimensão, formando piscinas naturais. Nessa área, o número de desovas de tartarugas marinhas é reduzido devido à dificuldade de acesso à praia causada pela presença dos recifes (CESAR, 2007). A praia do Cupe apresenta uma extensão de 2,37 km e nela também é encontrada uma pequena barreira de recifes. Em seguida encontra-se a praia de Merepe, com 3,47 km; nesta o número de desovas é maior em comparação com as demais, apresentando uma área sem barreira, com acesso ao mar aberto, relevo plano e uma faixa de areia maior (CESAR, 2007; MOURA et al., 2012). Após Merepe, encontra-se Porto de Galinhas; com 1,47 km e recifes paralelos à linha da costa, esta praia apresenta índice elevado de atividade turística. Por fim, a praia de Maracaípe, localizada em uma faixa de 3,11 km, com a presença de recifes de forma irregular, também é favorável para as desovas, devido a pouca urbanização (MOURA et al., 2012).



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo e os locais de coleta (n=18) nas praias de Muro Alto, Cupe, Merepe, Porto de Galinhas e Maracaípe, no município do Ipojuca, Pernambuco, Brasil.

## 2.2. Coleta das amostras em campo

O estudo foi autorizado pela licença do SISBIO/ICMBIO nº 45623-1 e a regulamentação da Comissão de Ética no Uso de Animais nº 23076.054310/2014-70 no período de janeiro/2015 a julho/2015.

Inicialmente as praias foram vistoriadas com a equipe da ONG Ecoassociados no período noturno para identificar o momento em que fêmeas saem do mar para desovar. Durante o flagrante da fêmea desovando foram coletado dados biométricos do comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) e da largura curvilínea da carapaça (LCC). Além disso, os ninhos foram isolados com fitas e estacas de madeira para proteção e referenciados com o auxílio de um GPS.

Após a postura dos ovos, quando estava retornando para o mar, as fêmeas foram imobilizadas pela equipe e uma amostra de 10 mL de sangue foi retirada do seio cervical dorsal do animal (OWENS; RUIZ, 1980). Este processo foi realizado com 18 fêmeas e o sangue foi armazenado em tubos de “vacutainer”, com anticoagulante heparina. Depois, as

amostras devidamente identificadas foram mantidas a 4°C e transportadas ao laboratório, no qual foram armazenadas em freezer a -20°C até o processamento.

Posteriormente, todos os ninhos foram monitorados diariamente e após o período de eclosão dos filhotes, de 45 a 60 dias, foi realizada a limpeza dos ninhos e registrado em planilhas os números de filhotes vivos, de natimortos, de ovos que não eclodiram e número total dos ovos. Em seguida as cascas dos ovos eclodidos (n=20 cascas) e o sedimento onde estavam enterrados e incubados (fundo dos ninhos) também foram coletadas e acondicionadas em sacos plásticos de 2 L, transportados para o laboratório e armazenados em temperatura ambiente.

### 2.3. Análises laboratoriais dos metais pesados

As cascas dos ovos de cada ninho foram secas em estufa a 50°C, moídas, pesadas e colocadas em recipiente de vidro, nos quais foram adicionados 8 mL de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) concentrado. Cada solução formada com as amostras foi colocada em um digestor em câmara de exaustão (a 95°C) por aproximadamente 3 horas para a digestão. Em seguida, cada solução recebeu 2 mL de água destilada e 10 mL de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), e essa mistura foi novamente aquecida por aproximadamente 2 horas. Após resfriar, 1 mL do produto final foi transferido para tubos de Eppendorf® que foram armazenados.

As amostras de sedimento foram secas em estufa a uma temperatura de 50°C (±2°C) e posteriormente foram trituradas e separadas em subamostras de 2 g para a digestão seguindo método 3050B da USEPA (*United States Environmental Protection Agency*). Após a digestão, 1 mL dos produtos obtidos foi transferido para tubo de Eppendorf® e armazenado.

As amostras de sangue foram centrifugadas a 3000 rpm durante 15 minutos para a separação das células sanguíneas e das partículas suspensas do plasma. Posteriormente, 500 µL de plasma foram separados e diluídos em 1.500 µL de água ultrapura (água Milli-Q); em seguida, apenas 1 mL da diluição foi armazenada em tubos de Eppendorf®.

As análises químicas foram realizadas por Fluorescência de raios X (XRF). Para isso, cada amostra de sedimento, sangue e cascas de ovos recebeu 100 µL de solução de Gálio (Ga) (102,5 mg/L), como solução padrão. Em seguida, as misturas foram agitadas para a homogeneização e apenas 5 µL de cada uma das amostras foram pipetados e colocados nos suporte perspex, levados para secar em estufa a aproximadamente 60°C.

Depois de secas, todas as amostras foram colocadas, uma a uma, no equipamento de XRF e os resultados obtidos para cada item amostrado foram apresentados em µg/mL

e/ou ppm para as concentrações detectadas no plasma e  $\mu\text{g/g}$  e/ou ppm para as concentrações dos metais nas cascas e no sedimento.

#### 2.4. Análises estatísticas

Utilizou-se para as análises dos dados uma estatística descritiva, com valores de média e desvio padrão. Para saber se os metais apresentavam alguma influência nos parâmetros biológicos, foram aplicados testes de regressões lineares múltiplas e uma análise de resíduos (normalidade residual bruta e distância de Cook). Todos os testes foram realizados com o software *Statistica 7.0* (StatSoft, 2004). E as análises foram realizadas com um nível de significância considerando  $p < 0,05$ .

### 3. Resultados e Discussão

Dos dezoito ninhos monitorados, foram obtidos 1.668 filhotes vivos dos 2.573 ovos depositados (média de 142,94 ovos); o número de filhotes vivos variou de 06 (ninho 01) a 142 (ninho 04). Em relação aos natimortos, observou-se que os ninhos 01, 06 e 18 não tiveram filhotes mortos, enquanto os ninhos 02 e 12 apresentaram as maiores quantidades ( $n=31$  e  $n=51$ , respectivamente) de neonatos mortos (Tabela 1).

Também foram contabilizados 704 ovos que não eclodiram que variaram de 05 (ninho 02) a 106 (ninho 13). A média para o sucesso de eclosão dos dezoito ninhos de *E. imbricata* foi de 63,2%. Os ninhos 06 e 11 apresentaram maior taxa de eclosão com 86% e 85,71% respectivamente; enquanto o ninho 18 apresentou a menor taxa de eclosão, 18,33%, (Tabela 1).

Os dados obtidos para os ninhos monitorados da espécie *E. imbricata* apresentaram informações semelhantes aos dados registrados em temporadas reprodutivas anteriores por Moura et al. (2012) e Simões et al. (2014) no litoral do Ipojuca, PE. Aparentemente, a média dos ovos depositados pela espécie está seguindo padrão tanto para o município (MOURA et al., 2012; SIMÕES et al., 2014) como para outras regiões, como no litoral da Bahia (MARCOVALDI; LAURENT, 1996; CAMILLO, 2008).

No que se refere aos filhotes natimortos, bem como aos de ovos não eclodidos, estudos demonstram que alguns fatores podem influenciar essa sobrevivência dos neonatos, como por exemplo, as características do habitat e do microambiente dos ninhos (WEISROCK; JANZEN, 2000), como mudanças na temperatura, umidade e salinidade (ACKERMAN, 1997). Segundo Guirlet (2008) e Marco et al. (2004), os metais pesados transferidos para os ovos e filhotes durante o período reprodutivo e a presença desses

elementos no sedimento que incubam os ovos também podem ter alguma influência na sobrevivência desses animais.

Quanto ao sucesso de eclosão, a média de 63,2% foi semelhante aos estudos de Simões et al. (2014), Neves (2012) e Moura et al. (2012) para o litoral ipojucano. Além dessa localidade, também foram registradas informações parecidas para tal espécie no litoral norte da Bahia (MARCOVALDI; MARCOVALDI, 1999) e em Cuba (MONCADA et al., 1999). Tais dados vêm comprovando que há um padrão no sucesso de eclosão das tartarugas de pente.

**Tabela 1.** Caracterização dos ninhos de *Eretmochelys imbricata* quanto ao número de filhotes vivos, natimortos, ovos não eclodidos, totais de ovos e sucesso de eclosão (%). Período de Janeiro a Maio de 2015, no litoral do Ipojuca, PE.

NINHOS	Nº TOTAL DE OVOS	Nº OVOS NÃO ECLODIDOS	SUCESO DE ECLOSÃO (%)	Nº NATIMORTOS	Nº FILHOTES VIVOS
01	16	10	37,5	00	06
02	165	05	78,18	31	129
03	123	43	64,22	01	79
04	194	47	73,19	05	142
05	121	38	66,94	02	81
06	152	23	84,86	00	129
07	146	32	75,34	04	110
08	131	46	59,54	07	78
09	159	29	64,15	28	102
10	163	18	73,61	25	120
11	105	10	85,71	05	90
12	184	06	69,02	51	127
13	157	106	24,2	13	38
14	184	39	65,76	24	121
15	133	25	80,45	01	107
16	170	74	54,7	03	93
17	150	55	62,67	01	94
18	120	98	18,33	00	22
<b>TOTAL</b>	<b>2.573</b>	<b>704</b>	<b>1.138,37</b>	<b>201</b>	<b>1.668</b>

As concentrações dos metais pesados nas amostras de sangue de fêmeas de *E. imbricata*, cascas de ovos e no sedimento dos ninhos estão apresentadas na tabela 2. Nas amostras de sangue, o elemento que apresentou a maior concentração foi o Ni (média de 1,71 ppm), enquanto os elementos Hg (média de 0,027 ppm) e Cr (média de 0,085 ppm) se apresentaram em menores concentrações. Nas cascas dos ovos e no sedimento, o Ni (média de 4,689 ppm; 0,451 ppm, respectivamente) foi o mais concentrado; enquanto que o Hg, com concentração médias de 0,017 ppm nas cascas dos ovos e de 0,008 ppm no sedimento teve as menores concentrações (Tabela 2).

**Tabela 2.** Concentrações médias de metais pesados (média e desvio padrão) em sangue (ppm ou µg/ml de plasma) de fêmeas de *Eretmochelys imbricata*, cascas (ppm ou µg/g) de ovos e no sedimento (ppm ou µg/g) dos ninhos, no litoral do Ipojuca, PE.

ELEMENTO	SANGUE	CASCAS DE OVOS	SEDIMENTO
Ni	1,711 ± 0,357	4,689 ± 4,960	0,451 ± 0,112
Co	0,284 ± 0,062	0,181 ± 0,193	0,029 ± 0,010
Cu	0,951 ± 2,005	0,268 ± 0,180	0,035 ± 0,016
Hg	0,027 ± 0,012	0,017 ± 0,017	0,008 ± 0,004
Pb	0,729 ± 0,488	0,041 ± 0,039	0,032 ± 0,018
Cr	0,085 ± 0,026	0,237 ± 0,265	0,034 ± 0,011

As concentrações dos metais pesados nas três matrizes estudadas apresentaram-se em baixas concentrações. Estudos realizados por Vazquez et al. (1997), Kaska e Furness (2001), Lam et al. (2006) e Guilert et al. (2008), em tartarugas das espécies *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea* e *Caretta caretta*, destacam que concentrações baixas de tais elementos em sangue e cascas de ovos podem não causar danos para as tartarugas marinhas.

No entanto, apesar das concentrações serem baixas e talvez não causarem danos a esses animais, a presença de metais pesados em tecido sanguíneo e em cascas de ovos podem ser indicativos de exposição recente a substâncias tóxicas (WOLFE et al., 1998; STORELLI; MARCOTRIGIANO, 2003; BLANVILLAIN et al., 2007; GUILERT et al., 2008; VAN DE MERWE, 2010; LEY-QUINÓÉNEZ et al., 2013). Dessa forma, além de se contaminarem pela exposição, as tartarugas marinhas podem transferir os metais para os filhotes durante o desenvolvimento embrionário. A transferência de nutrientes e energia é a única forma de investimento na ninhada, uma vez que esses animais não apresentam o cuidado parental com os ovos nem com os neonatos (HEWAVISENTHI; PARMENTER, 2002; GUILERT et al., 2008).

Estudo realizado por Macêdo et al. (2015) no litoral da Bahia com juvenis mortos detectaram 22 metais pesados em fígado, rim e ossos de tartarugas verdes e de tartarugas de pente. Anan et al. (2001) estudou 18 elementos em fígado, rim e músculos de *E. imbricata* e *C. mydas* capturadas mortas no Japão. Estes trabalhos também encontraram concentrações muito baixas dos elementos Ni, Co, Cu, Hg, Pb e Cr nos tecidos analisados em tartaruga de pente, semelhante aos resultados obtidos neste estudo.

As concentrações de Hg encontradas em tartarugas marinhas da espécie *Lepidochelys olivacea* no México em cascas de ovos (0,0087 µg/g) e sangue (0,0006 µg/g) foram mais baixas que os demonstrados na tabela 2. Além disso, Burger e Gibbons (1998);

Sakai et al. (2000); Kaska e Furness (2001) e Lam et al. (2006) também relataram que os teores de Hg foram relativamente baixos quando comparados aos observados em aves (THOMPSON, 1996). De fato, estudos sobre os efeitos de Hg em répteis são relativamente reduzidos. Assim, a sensibilidade das tartarugas em relação a ele é pouco compreendida, quando comparada ao conhecimento de seus efeitos em aves (LAM et al., 2006). Dessa forma mais pesquisas precisam ser direcionadas para melhor compreender os efeitos do Hg em tartarugas marinhas.

Os níveis de Ni se mostraram os mais concentrados dentre os metais pesquisados nas cascas dos ovos de *E. imbricata* (Tabela 2), levando a crer que as fêmeas dessa espécie podem estar expostas a níveis maiores desse elemento, como observou Lam et al. (2006) em *C. mydas*.

As concentrações de Ni no organismo podem estar associadas ao habitat e à dieta das tartarugas marinhas (LAM et al., 2006; PÁEZ-OSUNA et al., 2010a; LEY-QUINÓÑEZ et al., 2013; MACÊDO et al., 2015). Considerando que esses animais são migratórios (LIMA; TROËNG, 2001; PLOTKIN, 2003), eles podem ficar expostos a esse metal nos oceanos e mares ou alimentar-se de algas, esponjas e de outros animais contaminados (MACÊDO et al., 2015). Ley-Quinóñez et al. (2013) também registraram baixas concentrações de Ni no sangue de tartarugas da espécie *Chelonia mydas agasiizzi* no México.

Os elementos Cr, Ni, Cu, e Pb, detectados no sedimento dos ninhos (Tabela 2), foram achados por Çelik et al. (2006) em concentrações mais elevadas quando analisaram ninhos de *C. mydas* na Turquia. Tais autores, além de Shriadah (1999), justificam que a presença do Cr pode ser explicada pela natureza geológica e pela formação das rochas, enquanto que os demais elementos provavelmente são detectados no sedimento devido à ação antrópica (KENNISH, 1997). Entretanto, é importante ressaltar que é necessário realizar mais pesquisas, com o intuito de saber como os animais estão sendo contaminados pelos metais pesados.

Os ovos que não eclodiram dos ninhos parecem está sofrendo alguma interferência dos metais presente no organismo das fêmeas. Com o intuito de verificar essa possível relação teste de regressão linear foi aplicada entre o número de ovos não eclodidos e as concentrações de metais das cascas dos ovos, do sedimento e do sangue das fêmeas. Dentre os metais considerado na análise apenas dos metais Cu e Pb presente no sangue apresentaram uma relação significativa (Tabela 3) com os ovos não eclodidos ( $r= 0,485347$ ;  $r= 0,274715$ , respectivamente).

**Tabela 3.** Resultados do modelo GLM para as concentrações dos metais pesados em sangue das fêmeas de *Eretmochelys imbricata* no litoral do Ipojuca, PE.

Modelos	SS	df	MS	F	p
<b>Metais no sangue</b>					
Ni	350,11	1	350.107	0.602030	0.455763
Co	780.23	1	780.227	1.341648	0.273658
Cu	4583.33	1	4583.327	7.881317	0.018558
Hg	1498.32	1	1498.323	2.576460	0.139545
Pb	3593.22	1	3593.222	6.178769	0.032226
Cr	438.83	1	438.828	0.754592	0.405392
Error	5815.43	10	581.543	—	—

Algumas pesquisas relatam que o metal Cu pode prejudicar o desenvolvimento de ovos de anfíbios retardando a metamorfose dos embriões (KAPLAN; YOH, 1961; LANDE; GUTTMAN, 1973). Além disso, podem causar distúrbios durante a oogênese, na espermatogênese e no sistema endócrino, como na produção de testosterona e hormônio folículo estimulante - FSH (MARTIN, 1983; THOREUX-MANLEY et al., 1995; WEIBE; SALHANICK; MYERS, 2005). Segundo Chahoud et al. (1999) a presença de Pb em ratas gestantes pode ocasionar anomalias nos filhotes, enquanto que em aves a presença do chumbo durante a gestação pode ocasionar malformações na face, hidrocefalias, alterações nos membros, alterações macrofágicas e até mesmo reduzir a eclosão dos ovos (ANWER; MEHROTRA, 1988; LEE et al., 2001).

O tamanho das fêmeas parece não ter algum papel nas concentrações de metais encontradas no sangue destes animais. Para analisar as variações relacionadas com o crescimento das fêmeas de *E. imbricata*, foi realizado um teste de regressão linear entre o dados biométricos comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) e largura curvilínea da carapaça (LCC) com as concentrações de metais pesados encontrados nas amostras de sangue e as análises não mostraram resultados significativos ( $p > 0,50$ ). Corroborando com o que foi obtido por Guilert et al. (2008) para *D. coriacea* na Guiana Francesa para os elementos Co, Pb e Hg, e para Ley-Quinóñez et al. (2013) para espécie *Chelonia mydas agasiizzi* para o Ni e o Cu.

Foi obtido também que a quantidade de ovos produzidos pelas fêmeas possivelmente não é afetado pelos metais detectados em seu organismo. Análises de regressões lineares entre o número total de ovos e as concentrações dos metais pesados no sangue foram realizadas e os resultados não foram significativos ( $p > 0,05$ ).

Neste trabalho não se observou uma interferência dos metais pesados na mortalidade dos neonatos de tartaruga de pente da área estudada. As análises de regressões lineares múltiplas foram realizadas relacionando o sucesso de eclosão (Tabela 1), com as concentrações dos metais detectados no sangue, cascas de ovos e sedimento. Como também foi relacionado o número de filhotes natimortos com os metais presente no sedimento e nenhuma das análises demonstrou resultados significativos ( $p > 0,05$ ). Tais resultados foram semelhantes aos descritos por Godley et al. (1999) e Çelik et al. (2006) em *C. caretta* e *C. mydas*.

No que se refere à transferência materna dos elementos, não encontramos uma relação direta entre as concentrações de metais no organismo e a concentração destes elementos nas cascas dos ovos. Com o intuito de verificar se as fêmeas estavam transmitindo os metais pesados para as cascas dos ovos, análises de regressões lineares múltiplas foram realizadas e nenhum dos resultados foi significativo ( $p > 0,05$ ). Diante disso, os testes sugerem que transferência materna não parece seguir um padrão de transferência.

Vários estudos relatam que as tartarugas marinhas adquirem os metais principalmente através da alimentação e podem armazená-los ou eliminá-los (BURGER; GOCHFELD, 1991; WANG, 2002; GUIRLET et al., 2008). Alguns autores descrevem que a reprodução (transferência para os ovos) pode representar uma forma de eliminação desses elementos do organismo da fêmea (SAHOO et al., 1996; KEEN et al., 1997; GODLEY et al., 1999). No entanto, resultados apresentados por Sakai et al. (1995), Storelli e Marcotrigiano (2003), Páez-Osuna et al. (2010b) e Páez-Osuna et al. (2011) não demonstram essa relação, assim como os resultados apresentados aqui. Guilert et al. (2008) relatam que alguns parâmetros, como características das espécies, a natureza do elemento e o nível de contaminação podem explicar a não transferência dos metais para os ovos.

Segundo esses resultados, a técnica de fluorescência de raios X é uma ferramenta capaz de detectar e quantificar os metais pesados Ni, Co, Cu, Hg, Pb e Cr nas matrizes estudadas, mesmo quando em baixas concentrações. Nestas concentrações, aparentemente não há um padrão de transferência da mãe para os ovos nem interferência no sucesso de eclosão dos filhotes. A relação do número de ovos que não eclodiram com as concentrações dos metais Cu e Pb no sangue das fêmeas sugere que possivelmente os metais estão interferindo no sistema reprodutivo das fêmeas e acabam prejudicando o desenvolvimento dos filhotes. Observou-se também que os metais pesados nas fêmeas de *E. imbricata* não estão sendo bioacumulados em seu organismo, como também não interferem na produção de ovos. Os metais pesados foram detectados em baixas concentrações; ainda assim, eles parecem ter alguma influência na reprodução da espécie.

Além disso, limites de segurança não estão estabelecidos e os efeitos destes poluentes em concentrações maiores podem ter influência no sucesso reprodutivo de tartarugas marinhas. Assim, estudos sobre a presença de metais no organismo das tartarugas de pente e de outras espécies, destacando alterações fisiológicas e reprodutivas, são necessárias para suprir as lacunas que ainda existem sobre o assunto.

## Agradecimentos

Ao Laboratório Nacional de Luz Síncroton do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM pelo financiamento das análises, a ONG Ecoassociados pela contribuição e apoio durante o desenvolvimento da pesquisa. Agradecemos também ao laboratório de Bromatologia, da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, pela ajuda no trabalho e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## Referências bibliográficas

ACKERMAN, R.A. The Nest Environment and the Embryonic Development of Sea Turtles. In: LUTZ, P.L.; MUSICK, J.A. (Eds.). **The Biology of Sea Turtles**. CRC Marine Science Series, Boca Raton, p. 83-108, 1997.

ANAN, Y.; KUNITO, T.; WATANABE, I.; SAKAI, H.; TANABE, S. Trace element accumulation in hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) and green turtle (*Chelonia mydas*) from Yaeyama Islands, Japan. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 20, p. 2802 – 2814, 2001.

ANWER, J.; ALI, S.; MEHROTRA, N.K. Antagonistic effect of zinc in lead treated developing chick embryos. **Drug and Chemical Toxicology**, v. 11, n.1, p. 85-95, 1988.

ARAÚJO, M. F.; CONCEIÇÃO, A.; BARCOSA, T.; LOPES, M. T.; HUMANES, M. Elemental composition of marine sponges from the Berlengas natural park, western Portuguese coast. **X-Ray Spectrom**, v. 32, p. 428–433, 2003.

BARBIERI, E. Concentration of heavy metals in tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) sampled in the Cananéia estuary, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57, p. 243–248, 2009.

BLANVILLAIN, G.; SCHWENTER, J. A.; DAY, R. D.; POINT, D.; CHRISTOPHER, S. J.; ROUMILLAT, W. A.; OWENS, D. W. Diamondback terrapins, *Malaclemys terrapin*, as a sentinel species for monitoring mercury pollution of estuarine systems in South Carolina and Georgia, USA. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 26, p.1441-1450, 2007.

BURGER, J.; GIBBONS, J. W. Trace elements in egg contents and egg shells of slider turtles (*Trachemys scripta*) from the savannah river site. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 34, p. 382-386, 1998.

BURGER, J.; GOCHFELD, M. Cadmium and lead in common terns (Aves *Sterna- Hirundo*)—relationship between levels in parents and eggs. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 16, p. 253-258, 1991.

CAMILLO, C.S. **Seleção do local de nidificação e sua Influência no sucesso de eclosão de *Caretta caretta* e *Eretmochelys imbricata* (Testudines: Cheloniidae) no sudeste da Bahia**. 2008. 78f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, 2008.

CANAS, J. E.; ANDERSON, T. A. Organochlorine contaminants in eggs: the influence of contaminated nest material. **Chemosphere**, v. 47, p. 585-589, 2002.

CAURANT, F.; BUSTAMANTE, P.; BORDES, M.; MIRAMAND, P. Bioaccumulation of cadmium, copper and zinc in some tissues of three species of marine turtles stranded along the French Atlantic coasts. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, p.1085-1091, 1999.

ÇELIK, A.; KASKA, Y.; BAG, H.; AUREGGI, M.; SEMIZ, G.; KARTAL, A.A., ELÇI, L. Heavy metal monitoring around the nesting environment of green sea turtles in Turkey. **Water, Air, & Soil Pollution**, v.169, p. 67–79, 2006.

CESAR, B. C. A. **Avaliação da temporada de desova das tartarugas-de-pente (*Eretmochelys imbricata*), evidências de poluição luminosa e perda de habitat em Ipojuca, PE**. 2007. 48p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

CHAHOUD, I.; LIGENSA, A.; DIETZEL, L. E.; FAQI, A.S. Correlation between maternal toxicity and embryo/fetal effects. **Reproductive Toxicology**, v. 13, p. 375-381, 1999.

CLARK, R., B. **Marine pollution**, 5th ed. Oxford University Press, New York. 2001.

GARDNER, S.C.; FITZGERALD, S.L.; ACOSTA-VARGAS, B.; MENDEZ-RODRIGUEZ, L. Heavy metal accumulation in four species of sea turtles from the Baja California Peninsula, Mexico. **BioMetals**, v. 19, p. 91-99, 2006.

GODLEY, B. J.; THOMPSON, D. R.; FURNESS, R. W. Do Heavy Metal Concentrations Pose a Threat to Marine Turtles from the Mediterranean Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 6, p. 497 – 502, 1999.

GUILERT, E.; DAS, K.; GIRONDOT, M. Maternal transfer of trace elements in leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) of French Guiana. **Aquatic Toxicology**, v. 88, p. 267–276, 2008.

HAMANN, M.; GODFREY, M. H.; SEMINOFF, J. A.; ARTHUR, K.; BARATA, P. C. R.; BJORN DAL, K. A.; BOLTEN, A. B.; BRODERICK, A. C.; CAMPBELL, L. M.; CARRERAS, C.; CASALE, P.; CHALOUPKA, M.; CHAN, S. K. F.; COYNE, M. S.; CROWDER, L. B.; DIEZ, C. E.; DUTTON, P. H.; EPPERLY, S. P.; FITZSIMMONS, N. N.; FORMIA, A.; GIRONDOT, M.; HAYS, G. C.; IJUNN, C.; KASKA, Y.; LEWISON, R.; MORTIMER, J. A.; NICHOLS, W. J.; REINA, R. D.; SHANKER, K.; SPOTILA, J. R.; TOMÁS, J.; WALLACE, B. P.; WORK, T. M.; ZBINDEN, J.; GODLEY, B. J. Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. **Endangered Species Research**, v. 11, p. 245–269, 2010.

HEWAVISENTHI, S.; PARMENTER, C. J. Influence of incubation environment on the development of the flatback turtle (*Natator depressus*). **Copeia**, p. 668-682, 2001.

HEWAVISENTHI, S.; PARMENTER, C.J. Egg components and utilization of yolk lipids during development of the flatback turtle *Natator depressus*. **Journal of Herpetology**, v. 36, p. 43-50, 2002.

IUCN. **International Union for Conservation of Nature** - IUCN. Red List of Threatened Species. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/8005/0>>. Acesso em: 10.01.2016.

KASKA, Y.; FURNESS, R. W. Heavy metals in marine turtle eggs and hatchlings in the Mediterranean. **Zoology in the Middle East**, v. 24, p. 127-132, 2001.

KAMPALATH, R.; GARDNER, S. C.; MENDEZ-RODRIGUEZ, L.; JAY, J. A. Total and methylmercury in three species of sea turtles of Baja California Sur. **Marine Pollution Bulletin**, v. 52, n. 12, p. 1816–1823, 2006.

KAPLAN, H.M.; YOH, L. Toxicity of copper for frogs. **Herpetologica**, v. 17, p. 131-135, 1961.

KEEN, C. L.; TAUBENECK, M. W.; ZIDENBERG-CHERR, S.; DASTON, G. P.; ROGERS, J. M. Toxicant exposure and trace element metabolism in pregnancy. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 4, p. 301–308, 1997.

KENNISH, M. J. Practical Handbook of Estuarine and Marine Pollution. **Marine Science Series**, CRC Press, Boca Raton, FL, p. 524, 1997.

KRAAL, M. H.; KRAAK, M. H. S.; DE GROOT, G. J.; DAVIDS, C. Uptake and tissue distribution of dietary and aqueous cadmium by carp (*Cyprinus carpio*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 31, p. 179–183, 1995.

LAM, J.C.W.; TANABE, S.; CHAN, S.A.K.F.; YUEN, E.K.W.; LAM, M.H.W.; LAM, P.K.S. Trace element residues in tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) from South China Waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 48, p. 164–192, 2004.

LAM, J. C. W; TANABE, S.; CHAN, S. K. F.; LAM, M. H. W.; MARTIN, M.; LAM, P. K. S. Levels of trace elements in green turtle eggs collected from Hong Kong: Evidence of risks due to selenium and nickel. **Environmental Pollution**, v. 144, p. 790-801, 2006.

LANDE, S.P.; GUTTMAN, S.I. The effects of copper sulphate on the growth and mortality rate of *Rana pipiens* tadpoles. **Herpetologica**, v. 29, p. 22-27, 1973.

LEE, J.-E.; CHEN, S.; GOLEMBOSKI, K.A.; PARSONS, P.J.; DIETERT, R.R. Developmental windows of differential lead- induced immunotoxicity in chickens. **Toxicology**, v.156, n. 2-3, p.161-170, 2001.

LEY-QUINÓÑEZ, C. P.; A. A. ZAVALA-NORZAGARAY, A. A.; RÉNDON-MALDONADO, J. G.; ESPINOSA-CARREÓN, T. L.; CANIZALES-ROMÁN, A.; ESCOBEDO-URÍAS, D. C.; LEAL-ACOSTA, M. L.; HART, C. E.; Aguirre, A. A. Selected Heavy Metals and Selenium in

the Blood of Black Sea Turtle (*Chelonia mydas agasiizzi*) from Sonora, Mexico. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 91, p. 645–651, 2013.

LIMA, E.H.S.M.; TROËNG, S. Link between green turtles foraging in Brazil and nesting in Costa Rica. **Marine Turtle Newsletter**, v. 94, p. 9, 2001.

MACÊDO, G. D.; TARANTINO, T. B.; BARBOSA, I. S.; PIRES, T. T.; ROSTAN, G.; GOLDBERG, D. W.; PINTO, L. F. B.; KORN, M. G. A.; FRANKE, C. R. Trace elements distribution in hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) and green turtle (*Chelonia mydas*) tissues on the northern coast of Bahia, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 94, p. 284-289, 2015.

MARCO, A.; LÓPEZ-VICENTE, M.; PÉREZ-MELLADO, V. Arsenic uptake by reptile flexible-shelled eggs from contaminated nest substrates and toxic effect on embryos. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 72, p. 983– 990, 2004.

MARCOVALDI, M. A.; MARCOVALDI, G. G. Projeto Tamar: área de desova, ocorrência e distribuição das espécies, época de reprodução, comportamento de postura e técnicas de conservação das tartarugas marinhas no Brasil. Brasília: **MAIBDF**, p. 46, 1985.

MARCOVALDI, M.A.; LAURENT, A. A six season study of marine turtle nesting at Praia do Forte, Bahia, Brazil, with implications for conservation and management. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 2, n. 1, p. 55-59, 1996.

MARCOVALDI, M. A.; MARCOVALDI, G. G. Marine turtles of Brazil: the history and structure of Projeto TAMAR-IBAMA. **Biological Conservation**, v. 93, p. 35-41, 1999.

MARCOVALDI, M.A.; LOPEZ, G.G.; SOARES, L.S.; SANDOS, A. J. B.; BELLINI, A.; SANTOS, A. S. S.; LOPEZ, M. Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v.1, p. 20-27, 2011.

MARTIN, A. Assessment of the effects of chemicals on the reproductive functions of reptiles and amphibians. In: VOUK, V.B.; SHEEHAN, P.J., eds. **Methods for Assessing the Effects of Chemicals on Reproductive Functions**. John Wiley and Sons, NY. P. 405-413, 1983.

MEYLAN, A. Spongivory in hawksbill turtles: a diet of glass. **Science**, v. 239, n. 4838, p. 393–395, 1988.

MONCADA, F.; CARRILLO, E.; SAENZ, A.; NODARSE, G. Reproduction and Nesting of the Hawksbill Turtle, *Eretmochelys imbricata*, in the Cuban Archipelago. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 3, n. 2, p. 257-263, 1999.

MOURA, C. C. M.; GUIMARÃES, E. S.; AMARAL, G. J. A.; SILVA, A. C. Distribuição espaço-temporal e sucesso reprodutivo de *Eretmochelys imbricata* nas praias do Ipojuca, Pernambuco, Brasil. **Iheringia, Série Zoológica**, v. 102, n.3, p. 254-260, 2012.

NAGLE, R.D., ROWE, C.L., CONGDON, J.D. Accumulation and selective maternal transfer of contaminants in the turtle *Trachemys scripta* associated with coal ash deposition. **Environmental Toxicology**, v. 40, p. 531–536, 2001.

NEVES, V.C.S. **Aspecto reprodutiva de *Eretmochelys imbricata* no litoral sul de Pernambuco, Brasil**. 2012. 36p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2012.

NRIAGU, J. O.; PACYNA, J. M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. **Nature**, v. 333, p.134–139, 1988.

NRIAGU, J. O. A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. **Nature**, v. 338, p. 47–49, 1989.

OWENS, D.W.; RUIZ, G.J. New methods of obtaining blood and cerebrospinal fluid from marine turtles. **Herpetologica**, v. 36, p. 17-20, 1980.

ÖZTÜRK, M.; ÇELİK, A.; YARCI, C.; AKSOY, A.; FEOLI, E. An overview of plant diversity, land use and degradation in the Mediterranean region of Turkey. **Environmental Management**, v. 13, p. 449–442, 2002.

PÁEZ-OSUNA, F.; CALDERÓN-CAMPUZANO, M.F.; SOTO-JIMÉNEZ, M.F.; RUELAS-INZUNZA, J.R. Mercury in blood and eggs of the sea turtle *Lepidochelys olivacea* from a nesting colony in Oaxaca, Mexico. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, p. 1320 – 1323, 2011.

PAÉZ-OSUNA, F.; CALDERÓN-CAMPUZANO, M. F.; SOTO-JIMÉNEZ, M. F.; RUELAS-INZUNZA, J. R. Trace Metals (Cd, Cu, Ni, and Zn) in Blood and Eggs of the Sea Turtle *Lepidochelys olivacea* from a Nesting Colony of Oaxaca, Mexico. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 59, p. 632-641, 2010a.

PÁEZ-OSUNA, F.; CALDERÓN-CAMPUZANO, M.F.; SOTO-JIMÉNEZ, M.F.; RUELAS-INZUNZA, J.R. Lead in blood and eggs of the sea turtle, *Lepidochelys olivacea*, from the Eastern Pacific: Concentration, isotopic composition and maternal transfer. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, p. 433-439, 2010b.

PHILLIPS, D. J. H. Quantitative Aquatic Biological Indicators. Pollution Monitoring Series. **Applied Science Publishers Ltd.**, p.488, 1980.

PLOTKIN, P. Adult migrations and habitat use. In: LUTZ, P.L.; MUSICK, J.A.; WYNEKEN, J. (Eds). **The biology of sea turtles**. Boca Raton: CRC. v. 2 p. 225-241, 2003.

PRITCHARD, P. Manual of Sea Turtle Research and Conservation Techniques, Second Edition. In: BJORN DAL, K. A.; BALAZS, G. H. (eds.) **Center for Environmental Education**, Washington, D.C. p. 126, 1983.

SAHOO, G.; SAHOO, R. K.; MOHANTY-HEJMADI, P. Distribution of heavy metals in the eggs and hatchlings of olive ridley sea turtle, *Lepidochelys olivacea*, from Gahirmatha, Orissa. **Indian Journal of Geo-Marine Sciences**, v. 25, p. 371–372, 1996.

SAKAI, H.; ICHIHASHI, H.; SUGANUMA, H.; TATSUKAWA, R. Heavy metal monitoring in sea turtles using eggs. **Marine Pollution Bulletin**, v. 30, n. 5, p. 347– 353, 1995.

SAKAI, H.; SAEKI, K.; HICHIHASHI, H.; SUGANUMA, H.; TANABE, S.; TATSUKAWA, R. Species-specific distribution of heavy metals in tissues and organs of loggerhead turtle (*Caretta caretta*) and green turtle (*Chelonia mydas*) from Japanese coastal waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, p. 701–709, 2000.

SHRIADAH, M. M. A. Heavy metal in mangrove sediment of the United Arab Emirates shoreline (Arabian Gulf). **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 116, p. 523–534, 1999.

SIMÕES, T. N.; SILVA, A. C.; SANTOS, E. M.; CHAGAS, C. A.. Temperatura de incubação e razão sexual em filhotes recém-eclodidos da tartaruga marinha *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) no município do Ipojuca, Pernambuco, Brasil. **Papeis Avulsos de Zoologia**, v. 54, n. 25, p. 363-374, 2014.

STATSOFT, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. Disponível em: <www.statsoft.com>.

STORELLI, M. M.; MARCOTRIGIANO, G. O. Total organic and inorganic arsenic from marine turtles (*Caretta caretta*) beached along the Italian coast (South Adriatic Sea). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 65, n. 6, p. 732–739, 2000.

STORELLI, M.M., MARCOTRIGIANO, G.O. Heavy metal residues in tissues of marine turtles. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, p. 397–400, 2003.

THOMPSON, D. R. Mercury in birds and terrestrial mammals. In: BEYER, W. N., HEINZ, G. H., REDMON-NORWOOD, A. W. (Eds.), **Environmental contaminants in wildlife: Interpreting tissue concentrations**. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, p. 341-356, 1996.

USEPA - **United States Environmental Protection Agency. Acid digestion of sediments, sludges and soils**. Metod 3050b. Washington, D.C.: EPA, 1996. Available from: <<http://www.epa.gov/sw-846/pdfs/3050b.pdf>>. Access on: April. 02, 2015.

VAN DE MERWE, J. P.; HODGE, M.; OLSZOWY, H. A.; WHITTIER, J. M.; LEE, S.Y. Using blood samples to estimate persistent organic pollutants and metals in green sea turtles (*Chelonia mydas*). **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, p. 579–588, 2010.

VAZQUEZ, G. F.; REYES, M. C.; FERNANDEZ, G.; AGUAYO, J. E. C.; SHARMA, V. K. Contaminations in marine turtle (*Dermochelys coriacea*) egg shells of Playon de Mexiquillo, Michoacan, Mexico. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 58, p. 326-333, 1997.

WANG, W. X. Interactions of trace metals and different marine food chains. **Marine Ecology Progress Series**, v. 243, p. 295–309, 2002.

WEISROCK, D.W.; JANZEN, F.J. Thermal and fitness-related consequences of nest location in Painted Turtles (*Chrysemys picta*). **Functional Ecology**, v. 13, n. 1, p. 94-101, 2000.

WOLFE, M. F.; SCHWARZBACH, S.; SULAIMAN, R. A. Effects of mercury on wildlife: a comprehensive review. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 17, p.146-160, 1998.

Thoreux-Manley A, Velez de la Calle JF, Olivier MF, Soufir JC, Masse R, Pinon-Lataillade G. Impairment of testicular endocrine function after lead intoxication in the adult rat. *Toxicology* 1995; 100:101-9.

Weibe JP, Salhanick AI, Myers KI. On the mechanism of action of lead in the testis: in vitro suppression of FSH receptors, cyclic AMP and steroidogenesis. *Life Sci* 1983; 32:1997-2005.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da técnica analítica de fluorescência de raios X empregada na pesquisa, foi possível detectar os metais pesados Ni, Co, Cu, Hg, Pb e Cr nos três tipos de amostras analisadas. De acordo com o que foi apresentado, apesar dos metais terem sido detectados no sangue das fêmeas e nas cascas dos ovos, não foi possível estabelecer se há um padrão de transferência materna dos metais para os ovos.

A relação da quantidade de número de ovos não eclodidos e os metais Cu e Pb no sangue das fêmeas dessa espécie indica que provavelmente estes metais estão interferindo sobre o sistema reprodutivo ocasionando o desenvolvimento incompleto dos filhotes entretanto pesquisas mais precisas são necessárias para confirmar tal relação.

Quanto aos metais pesados presente no organismo das fêmeas de *E. imbricata* e o tamanho da carapaça pode-se concluir que estes não estão bioacumulando em seu organismo e nem tão pouco estão interferindo na produção dos ovos e nos filhotes natimortos .

De modo geral, apesar das baixas concentrações dos metais Ni, Co, Cu, Hg, Pb e Cr, encontrados no sedimento dos ninhos, nas cascas dos ovos e no sangue de *E. imbricata*, é possível que haja alguma interferência destes elementos em sua reprodução. Não há indicações de concentrações seguras para estes animais ou para outras tartarugas marinhas em relação aos metais pesados. De qualquer modo, alguns trabalhos encontraram níveis de contaminação maiores dos que os relatados aqui. Sabe-se, a partir do conhecimento acumulado em diversos organismos, que tais compostos podem influenciar os animais em diversos aspectos, tais como reprodução e comportamento. O conhecimento a respeito dos níveis de contaminação e dos efeitos biológicos em tartarugas marinhas é ainda muito incipiente. Entretanto, a realidade que tem sido reportada é a de aumento nos níveis de poluição dos oceanos, mares e águas costeiras. Associada ao aumento da temperatura dos oceanos, tal poluição tem potencial para levar as populações de tartarugas marinhas a uma diminuição que pode se tornar impossível de ser revertida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, A. A.; BALAZS, G.; ZIMMERMAN, B.; GALEY, F. D. Organic contaminants and trace metals in the tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) affected with fibropapilomas in the Hawaiian Islands. **Marine Pollution Bulletin**, v. 28, p. 109 -114, 1994.

ANAN, Y.; KUNITO, T.; WATANABE, I.; SAKAI, H.; TANABE, S. Trace element accumulation in hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) and green turtle (*Chelonia mydas*) from Yaeyama Islands, Japan. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 20, p. 2802 – 2814, 2001.

ANAN, Y.; KUNITO, T.; SAKAI, H. Tanabe, S. Subcellular distribution of trace elements in the liver of sea turtle. **Marine Pollution Bulletin**, v. 45, p. 224 – 229, 2002.

BALAZS, G.H., POOLEY, S.G. Research plan for marine turtle fibropapilloma. **NOAA Tech Mem**, NMFS-SWFSC-156, 1991.

BARBIERE, E. Concentration Of Heavy Metals In Tissues Of Green Turtles (*Chelonia mydas*) Sampled In The Cananéia Estuary, Brazil. **Brazilian Journal Of Oceanography**, v. 57, p. 243 – 248, 2009.

BRASFIELD, S.M.; BRADHAM, K.; WELLS, J.B.; TALENT, L.G.; LANNON, R.P.; JANZ, D.M. Development of a terrestrial vertebrate model for assessing bioavailability of cadmium in the fence lizard (*Sceloporus undulatus*) and in ovo effects on hatchling size and thyroid function. **Chemosphere**, v. 54, p. 1643–1651, 2004.

BEYERSMANN, D.; HARTWIG, A. The genetic toxicology of cobalto. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 115, n. 1, p. 137-145, 1992.

BERNARDI, M. M.; MORAES, R. C.; VAROLI, F. M. F.; OSTI, S. C. Ecotoxicologia. In: SPINOSA, H. DE S.; GÓMIK, S. L.; PALERMO-NETO, J. **Toxicologia aplicada à medicina veterinária**. São Paulo: Manole, p. 942, 2008.

BERTIN, E. P. - Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis. **Plenum Press**, Londres, p. 1079, 1975.

BJORNDAL, K. A., BOLTEN, A. B. AND LAGUEUX, C. J. Ingestion of marine debris by juvenile sea turtles in coastal Florida habitats. **Marine Pollution Bulletin**, v. 28, p. 154 – 158, 1994.

BJORNDAL, K. A. Prioridad em la pesquisa em áreas de alimentación. In. ECKERT, KAREN, L. et al. **Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas**. Pensilvânia: IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group, p. 12 – 14, 2000.

BJORNDAL, K. A. Nutritional ecology of sea turtles. **Copeia**, v. 3, p.736-751, 1985.

BOUMANS, P.; R. KLOCKENKÄMPER, eds. - **Total reflection X-ray fluorescence spectrometry**. Proc. of the Second Workshop on TXRF, Dortmund, 26-27 May, 1988. Spectrochim. Acta, 44B: p. 433, 1989.

BUGONI, L.. Diet of sea turtles in southern Brazil. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 4, p. 685-688, 2003.

CAMACHO, M.; ORÓS, J.; BOADA, L.D.; ZACCARONI, A.; SILVI, M.; FORMIGARO, C.; LÓPEZ, P.; ZUMBADO, M.; LUZARDO, O.P. Potential adverse effects of inorganic pollutants on clinical parameters of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*): Results from a nesting colony from Cape Verde, West África. **Marine Environmental Research**, v. 92, p. 15 – 22, 2013.

CANELLAS, C. G. L.; CARVALHO, S. M. F.; DE JESUS, E. F. O.; ANJOS, M. J.; LOPES, R. T. Trace and major elements in serum of patients with chronic myelogenous leucemia. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 269, n. 3, p. 631–634, 2006.

CARAVALHO, M. L.; BRITO, J.; BARREIROS, M. A. Study of trace element concentrations in human tissues by EDXRF spectrometry. **X-ray spectrom**, v. 27, p. 198-204, 1998.

CARR, A. Impact of nondegradable marine debris on the ecology and survival outlook of sea turtle. **Marine Pollution Bulletin**, v. 18, p. 352 – 356, 1987.

ÇELİK, A.; KASKA, Y.; BAG, H.; AUREGGI, M.; SEMİZ, G.; KARTAL, A.A., ELÇİ, L. Heavy metal monitoring around the nesting environment of green sea turtles in Turkey. **Water, Air, and Soil Pollution**, v.169, p. 67–79, 2006.

CHACÓN- CHAVERRI, D. 2004. **La tortuga carey Del Caribe – Introducción a su biología e estado de conservación**. WWF – Programa Regional para América Latina y el Caribe, San José, Costa Rica.

CHAN, E. H.; LIEW, H. C. Hawksbill turtles, *Eretmochelys imbricata* nesting on Redang Island, Malaysia, from 1993-1997. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 3, p. 326 - 329, 1999.

CLARK, R. B. **Marine pollution**. Clarendon Press Oxford, 5rd Ed, 2001.

COLBORN, T.. Clues from wildlife to create an assay for thyroid system disruption. **Environmental Health Perspectives** v.110 (Suppl. 3), p.363–367, 2002.

DAVENPORT, J.; WRENCH, J. Metal levels in a leatherback turtle. **Marine Pollution Bulletin**, v. 21, p. 40-41, 1990.

DAVENPORT, J.; WRENCH, J.; MCEVOY, J.; CAMACHO-IBAR, V. Metal and PCB concentrations in the "Harlech" leatherback. **Marine Turtle Newsletter**, v. 48, p.1-6, 1990.

DE GUISE, S.; BECKMEN, K.B.; HOLLADAY, S.D. Contaminants and marine mammals immunotoxicology and pathology. In: VOS, J.G., BOSSART, G.D., FOURNIER, M., O'SHEA, T.J. (Eds.), **Toxicology of Marine Mammals**. Taylor and Francis, London, p. 38–54, 2003.

DERRAIK, J.G.B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, p. 842-852, 2002.

DOBBS, K. A.; MILLER, J. D.; LIMPUS, C. J.; LANDRY, A. M. JR. Hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, nesting at Milman Island, northern Great Barrier Reef, Australia. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 3, p. 344-361, 1999.

DODD, C.K., Jr. Synopsis of the biological data on loggerhead sea turtle *Caretta caretta* (Linnaeus 1758). U.S. **Fish and Wildlife Service**, v. 88, n.14, p.1-110, 1988.

FRANSON, J.C. Interpretation of tissue lead residues in birds other than waterfowl. In: BEYER, W.N.; HEINZ, G.H. REDMON-NORWOOD, A.W. (Eds.), **Environmental Contaminants in Wildlife. Interpreting Tissue Concentrations**. CRC, Lewis Publishers, Boca Raton, p. 265–279, 1996.

FUJIHARA, J.; KUNITO, T.; KUBOTA, R.; TANABE, S. Arsenic accumulation in livers of pinnipeds, seabirds and sea turtles: Subcellular distribution and interaction between arsenobetaine and glycine betaine. **Comparative Biochemistry and Physiology. Toxicology & Pharmacology**, v. 136, p. 287-296, 2003.

GAFFNEY, E.S. The comparative osteology of The Triassic turtles Proganochelys. **Bulletin of American Museum of Natural History**, v. 194, p. 1-263, 1990.

GARCÍA-FERNADÉZ, A.J; GÓMEZ-RAMÍREZ, P.; MARTÍNEZ-LÓPEZ, E.; HERNÁNDEZ-GARCÍA, A.; MARÍA-MOJICA, P.; ROMERO, D.; JIMÉNEZ, P.; CASTILLO, J. J.; BELLIDO, J.J. Heavy metals in tissues from loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from the southwestern Mediterranean (Spain). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 72, p. 557– 563, 2009.

GARDNER, S.C.; FITZGERALD, S.L.; ACOSTA-VARGAS, B.; MENDEZ-RODRIGUEZ, L. Heavy metal accumulation in four species of sea turtles from the Baja California Peninsula, Mexico. **BioMetals**, v. 19, p. 91-99, 2006.

GUARATINI, T.; CARDOZO, K. H. M.; PAVANELLI, D. D.; COLEPICOLO, P.; PINTO, E. In: OGA, S.; CAMARGO, M. M. A. & BATISTUZZO, J. A. **O. Fundamentos de Toxicologia**. 3ª ed. São Paulo: Atheneu. p.127-141, 2008.

GUIRLET, E.; DAS, K.; GIRONDOT, M. Maternal transfer of trace elements in leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) of French Guiana. **Aquatic Toxicology**, v. 88, p. 267–276, 2008.

HAMANN, M.; GODFREY, M. H.; SEMINOFF, J. A.; ARTHUR, K.; BARATA, P.C. R.; BJORN DAL, K. A.; BOLTEN, A. B.; BRODERICK, A. C.; CAMPBELL, L. M.; CARRERAS, C.; CASALE, P.; CHALOUKKA, M.; CHAN, S. K. F.; COYNE, M. S.; CROWDER, L. B.; DIEZ, C. E.; DUTTON, P. H.; EPPERLY, S. P.; FITZSIMMONS, N. N.; FORMIA, A.; GIRONDOT, M.; HAYS, G. C.; IJIUNN, C.; KASKA, Y.; LEWISON, R.; MORTIMER, J. A.; NICHOLS, W. J.; REINA, R. D.; SHANKER, K.; SPOTILA, J. R.; TOMÁS, J.; WALLACE, B. P.; WORK, T. M.; ZBINDEN, J.; GODLEY, B. J. Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. **Endangered Species Research**, v.11, p. 245 – 269, 2010.

HANSEN, J.A.; LIPTON, J.; WELSH, P.G.; MORRIS, J.; CACELA, D.; SUEDEKAMP, M.J. Relationship between exposure duration, tissue residues, growth, and mortality in rainbow

trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles sub-chronically exposed to copper. **Aquatic Toxicology**, v. 58, p. 175-188, 2002.

HEATH, A.G. **Water pollution and fish physiology**. 2.ed. CRC Press, Lewis publishers. 342p, 1995.

HERBST, L.H., KLEIN, P.A. Green turtle fibropapillomatosis: challenges to assessing the role of environmental cofactors. **Environmental Health Perspectives**, v. 103, p. 27-30, 1995.

HOPKINS, W.A.; ROWE, C.L.; CONGDON, J.D. Elevated trace element concentrations and standard metabolic rate in banded water snakes (*Nerodia fasciata*) exposed to coal combustion wastes. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 18, p. 1258–1263, 1999.

HOPKINS, W.A.; DURANT, S.E.; STAUB, B.P.; ROWE, C.L.; JACKSON, B.P. Reproduction, embryonic development, and maternal transfer of contaminants in the amphibian *Gastrophryne carolinensis*. **Environmental Health Perspectives**, v. 114, p. 661–666, 2006.

HUEZA, I. M.; SANT'ANA, M. G.; PALERMO-NETO, J. Toxicologia do chumbo, mercúrio, arsênio e outros metais. In: SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; PALERMO-NETO, J. (Ed.). **Toxicologia aplicada à medicina veterinária**. São Paulo: Manole. p. 641-662, 2008.

HUTCHINSON, J.; SIMMONDS, M. A review of the effects of pollution on marine turtles. **Greenpeace International**, p. 27, 1991.

ISLAM, S.; TANAKA, M. Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. **Marine Pollution Bulletin** v. 48, p. 624–649, 2004.

IUCN. **International Union for Conservation of Nature** - IUCN 2016. Red List of Threatened Species. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/8005/0>>. Acesso em: 23.01.2016.

JAMES, M.C.; HERMAN, T.B. Feeding of *Dermochelys coriacea* on medusae in the northwest Atlantic. **Chelonian Conservation and Biology**. v. 4, p. 202-205, 2001.

JENKINS, RON; GOULD, R. W.; GEDCKE, DALE; **Quantitative X-ray Spectrometry**; Marcel Dekker, New York, 1981.

KAMPALATH, R.; GARDNER, S.C.; MÉNDEZ-RODRÍGUEZ, L.; JAY, J.A. Total and methyl mercury in three species of sea turtles of Baja California Sur. **Marine Pollution Bulletin** v. 52, p. 1784–1832, 2006.

KASKA, Y.; FURNESS, R. W. Heavy metals in marine turtle eggs and hatchlings in the Mediterranean. **Zoology in the Middle East**, v. 24, p. 127-132, 2001.

KLOCKENKÄMPER, R. Challenges of total reflection X-ray fluorescence for surface and thin-layer analysis, **Spectrochim Acta Part B** 61, p. 1082–1090, 2006.

KRAAL, M. H.; KRAAK, M. H. S.; DE GROOT, G. J.; DAVIDS, C. Uptake and tissue distribution of dietary and aqueous cadmium by carp (*Cyprinus carpio*). **Ecotoxicology and Environmental**, v. 31, p. 179–183, 1995.

KUBOTA, R., KUNITO, T., TANABE, S., OGI, H., SHIBATA, Y. Maternal transfer of arsenic to eggs of black-tailed gull (*Larus crassirostris*) from Rishiri Island, Japan. **Applied Organometallic Chemistry**, v. 16, p. 463–468, 2002.

LIMA, E.H.S.M.; TROËNG, S. Link between green turtles foraging in Brazil and nesting in Costa Rica. **Marine Turtle Newsletter**, v. 94, p. 9, 2001.

LIMPUS, C.J. Summary of the biology of marine turtles in Australia. **Queensland Department of Environment and Heritage, Brisbane**. 1997.

LOHMANN, K. J.; WITHERINGTON, B. E.; LOHMANN, C. M. F.; SALMON, M. Orientation, navigation, and natal beach homing in sea turtles. In: LUTZ, P.L. AND MUSICK, J.A. (eds.). **The Biology of Sea Turtles**. Boca Raton, FL: CRC Press. p.107–135, 1997.

LUTCAVAGE, M. E.; PLOTKIN, P.; WITHERINGTON, B.; LUTZ, P. Human impacts on sea turtle survival. In: LUTZ, P.L.; MUSICK, J.A. (Eds.) **The biology of sea turtle**. Boca Roston: CRC, v.1, p. 387- 409,1996.

LUTZ, P.L. Salt, water, and pH balance in the sea turtle. In: LUTZ, P. L. & MUSICK, J. A. **The biology of sea turtles**. (eds.). Florida: CRC, p. 343-361, 1997.

MACÊDO, G. R.; TARANTINO, T. B.; BARBOSA, I. S.; PIRES, T. T.; Gonzalo ROSTAN, G.; GOLDBERG, D. W.; PINTO, L. F. B.; KORN, M. G. A.; FRANKE, C. R. Trace elements distribution in hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) and green turtle (*Chelonia mydas*)

tissues on the northern coast of Bahia, Brazil. **Marine Pollution Bulletin – Journal**, 2015, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.02.033>.

MACÊDO, G.R.; PIRES, T.T.; ROSTAN, G.; GOLDBERG, D.W.; LEAL, D.C.; GARCEZ NETO, A.F.; FRANKE, C.R. Ingestão de resíduos antropogênicos por tartarugas marinhas no litoral norte do estado da Bahia, Brasil. **Ciência Rural**, v.41, p.1938 – 1943, 2011.

MACÊDO, G. R. **Distribuição de elementos traço nos tecidos de tartarugas de pente (*Eretmochelys imbricata*) e tartarugas verde (*Chelonia mydas*) no litoral norte da Bahia, Brasil**. 2012. 75p. Dissertação (Ciência Animal nos Trópicos), Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2012.

MAFFUCCI, F.; CAURANT, F.; BUSTAMANTE, P.; BENTIVEGNA, F. Trace element (Cd, Cu, Hg, Se, Zn) accumulation and tissue distribution in loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from the Western Mediterranean Sea (southern Italy). **Chemosphere**, v. 58, p. 535–542, 2005.

MANTUANO, A.; PICKLER, A.; BARROSO, R.C.; ALMEIDA, A.P.; BRAZ, D.; CARDOSO, S. C.; GONZALEZ, M. S.; FIGUEIREDO, M. B.; GARCIA, E. S.; AZAMBUJA, P. Elemental changes in hemolymph and urine of *Rhodnius prolixus* induced by in-vivo exposure to mercury: A study using synchrotron radiation total reflection X-ray fluorescence. **Spectrochimica Acta Part B**, v. 71-72, p. 127–130, 2012.

MARCO, A.; LÓPEZ-VICENTE, M.; PÉREZ-MELLADO, V. Arsenic uptake by reptile flexible-shelled eggs from contaminated nest substrates and toxic effect on embryos. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 72, p. 983– 990, 2004.

MARCOVALDI, M. A.; MARCOVALDI, G. G. Projeto Tamar: área de desova, ocorrência e distribuição das espécies, época de reprodução, comportamento de postura e técnicas de conservação das tartarugas marinhas no Brasil. Brasília: **MAIBDF**, p. 46, 1985.

MARCOVALDI, M. A.; BAPTISTOTTE, C.; CASTILHOS, J.C. DE; GALLO, B.M.G.; LIMA, E.H.S.M.; SANCHES, T.M., VIEITAS, C.F. Activities by Project TAMAR in Brazilian sea turtle feeding grounds. **Marine Turtle Newsletter**, v. 80, p. 5-7, 1998.

MARCOVALDI, M. A.; MARCOVALDI, G. G. Marine turtles of Brazil: the history and structure of Projeto TAMAR-IBAMA. **Biological Conservation**, v. 93, p. 35-41, 1999.

MARCOVALDI, M. A.; LOPEZ, G. G.; SOARES, L. S.; SANTOS, A. J. B.; BELLINI, C.; BARATA, P. C. R. Fifteen years of Hawksbill sea turtle (*Eretmochelys imbricata*) Nesting in Northern Brazil. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 6, p. 223-228, 2007.

MARCOVALDI, M.A.; LOPEZ, G.G.; SOARES, L.S.; SANDOS, A. J. B.; BELLINI, A.; SANTOS, A. S. S.; LOPEZ, M. Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v.1, p. 20-27, 2011.

MARQUES JÚNIOR, A. N.; MORAES, R. B. C.; MAURAT, M. C. Poluição Marinha. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Eds.). **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro, Interciência, p. 505-528, 2009.

MASCARENHAS, R.; SANTOS, R. D.; ZEPPELINI, D. Nesting of hawksbill turtles in Paraíba-Brazil: Avoiding light pollution effects. **Marine Turtle Newsletter**, 104, p. 1-3, 2004.

MASUTTI, M. B. **Distribuição e efeitos de cromo e cobre em ecossistemas aquáticos: uma análise laboratorial e “in situ” (Experimentos em micro e mesocosmos)**. 2004. 390p. Tese (Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MEYLAN, A. B. Status of the hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) in the Caribbean region. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 3, p. 177-184, 1999.

MILLER, J.D.; LIMPUS, C.J.; GODFREY, M.H. Nest Site selection, oviposition, eggs, development, hatching, and emergence o f loggerhead turtles. In: BOLTEN, A.B., WITHERINGTON, B.E. (Eds.), **Loggerhead Sea Turtles**. Smithsonian Institution Press, p. 125-143, 2003.

MOELLER J. AND REEH U. Degradation of nonylphenol ethoxylates (NPE) in sewage sludge and source separated municipal solid waste under bench-scale composting conditions. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 70, p. 248-254, 2003.

MORTIMER, J. A.; BRESSON, R. Temporal Distribuição and periodicity in hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) nesting in Cousin Island, Republic of Seychelles, 1971-1997. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 3, p. 318-325, 1999.

MOORE, J. W. **Inorganic contaminants of surfasse water**. United Stated of America: Sprinter-Verlag New York Inc,. 1991.

MOURA, C. C. M.; GUIMARÃES, E. S.; AMARAL, G. J. A.; SILVA, A. C. Distribuição espaço-temporal e sucesso reprodutivo de *Eretmochelys imbricata* nas praias do Ipojuca, Pernambuco, Brasil. **Iheringia, Série Zoológica**, v. 102, n.3, p. 254-260, 2012.

NAGLE, R.D., ROWE, C.L., CONGDON, J.D. Accumulation and selective maternal transfer of contaminants in the turtle *Trachemys scripta* associated with coal ash deposition. **Environmental Toxicology**, v. 40, p. 531–536, 2001.

NECHEV, J.; STEFANOV, K.; POPOV, S. Effect of cobalto ions on lipid and sterol metabolismo in the marine invertebrates *Mytilus galaprovincialis* and *Actinia equina*. **Comparative Biochemistry and Physiology** v. 144, n. 1, p. 112-118, 2006.

NUNES, I. I. **Avaliação dos níveis de metais pesados no sedimento e material em suspensão no rio Itajaí-Açu e áreas adjacentes, durante processo de aprofundamento do canal do Porto de Itajaí-SC**. 2012. 54p. trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado), Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina, 2012.

PÁEZ-OSUNA, F.; CALDERÓN-CAMPUZANO, M.F.; SOTO-JIMÉNEZ, M.F.; RUELAS-INZUNZA, J.R. Lead in blood and eggs of the sea turtle, *Lepidochelys olivacea*, from the Eastern Pacific: Concentration, isotopic composition and maternal transfer. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, p. 433-439, 2010.

PÁEZ-OSUNA, F.; CALDERÓN-CAMPUZANO, M.F.; SOTO-JIMÉNEZ, M.F.; RUELAS-INZUNZA, J.R. Mercury in blood and eggs of the sea turtle *Lepidochelys olivacea* from a nesting colony in Oaxaca, Mexico. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, p. 1320 – 1323, 2011.

PILCHER, N. J.; ALI, L. Reproductive biology of the hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, in Sabah Malaysia. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 3, p. 330-336, 1999.

PLOTKIN, P. Adult migrations and habitat use. In: LUTZ, P.L.; MUSICK, J.A.; WYNEKEN, J. (eds.).. **The biology of sea turtles**. Boca Raton: CRC. v. 2 p. 225-241, 2003.

PRITCHARD, P. Manual of Sea Turtle Research and Conservation Techniques, Second Edition. In: BJORN DAL, K. A.; BALAZS, G. H. (eds.), **Center for Environmental Education**. Washington, D.C. p. 126, 1983.

PRITCHARD, P. C. H. Evolution, phylogeny, and current status. In: LUTZ, P. L.; MUSICK, J. A. **The biology of sea turtles**. Boca Raton: CRC Press, Marine Science Series, p. 1-28, 1997.

PRITCHARD, P. C. H.; MORTIMER, J.A. Taxonomy External Morphology and Species Identification. In: ECKERT, K. L.; BJORN DAL, K. A.; ABREU-GROBOIS, F. A.; DONNELLY, M. **Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles**. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group, p. 248, 1999.

PRITCHARD, P. C. H.; MORTIMER, J. A. Taxonomía, morfología externa, y identificación de las especies. In: ECKERT, KAREN, L. et al. **Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas**. Pennsylvania: IUCN/CSE, p. 21-40, 2000.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 2.ed. São Paulo: Atheneu, p.699, 2003.

REDÍGOLO, M. M. **Determinação de elementos químicos inorgânicos em amostras de sangue total humano e de animais de experimentação (hamster dourado e cavalo da raça crioula) pela técnica de fluorescência de raios X (EDXRF)**. 2011, 20p. Dissertação (Ciências na Área de Tecnologia Nuclear-Materiais), Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.

REISSER, J.; PROIETTI, M.; KINAS, P.; SAZIMA, I. Photographic identification of sea turtles: method description and validation, with an estimation of tag loss. **Endangered Species Research**, v. 5, p. 73-82, 2008.

REIJNDERS, P.J.H. Reproductive and developmental effects of environmental organochlorines on marine mammals. In: VOS, J.G., BOSSART, G.D., FOURNIER, M., O'SHEA, T.J. (Eds.), **Toxicology of Marine Mammals**. Taylor and Francis, London, p. 55–66, 2003.

ROE, J.H., HOPKINS, W.A., BAIONNO, J.A., STAUB, B.P., ROWE, C.L., JACKSON, B.P. Maternal transfer of selenium in Alligator mississippiensis nesting downstream from a coal-burning power plant. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 23, p. 1969–1972, 2004.

RUSELL, R.W.; GOBAS, F.; HAFFNER, G.D. Maternal transfer and in ovo exposure of organochlorines in oviparous organisms: a model and field verification. **Environmental Science and Technology**, v.33, p. 416–420, 1999.

SAKAI, H.; SAEKI, K.; HICHIHASHI, H.; SUGANUMA, H.; TANABE, S.; TATSUKAWA, R. Species-specific distribution of heavy metals in tissues and organs of loggerhead turtle (*Caretta caretta*) and green turtle (*Chelonia mydas*) from Japanese coastal waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, p. 701–709, 2000.

SANCHES, T.M., BELLINI, C. Juvenile *Eretmochelys imbricata* and *Chelonia mydas* in the Archipelago of Fernando de Noronha, Brazil. **Chelonian Conservation and Biology**, v.3, p. 308-311, 1999.

SANTAMARTA, J. Ameaça dos disruptores endócrinos. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 2, n. 3, p. 18-29, 2001.

SANTOS, A. J. B. **Biologia reprodutiva de *Eretmochelys imbricata* (Testudines, Cheloniidae) no litoral sul do Rio Grande do Norte, Brasil**. 2008. 45p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

SILVA, L. M. **Avaliação de resíduos de metais pesados em tecidos de *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) encalhadas no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2011. 38p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

SIMÕES, T. N.; SILVA, A. C.; SANTOS, E. M.; CHAGAS, C. A. Temperatura de incubação e razão sexual em filhotes recém-eclodidos da tartaruga marinha *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) no município do Ipojuca, Pernambuco, Brasil. **Papeis Avulsos de Zoologia**, v. 54, n. 25, p. 363-374, 2014.

SOTO, J. M. R.; SOARES, J. T.; CELINI, A. A. O. S.; SANTOS, R.C.A. Concentração de mercúrio total em tecidos de *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) (Reptilia, Cheloniidae) encalhadas na costa sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **II Jornada de Conservação e Pesquisa de Tartarugas Marinhas no Atlântico Sul Ocidental**. Livro de resumos, p. 25 – 27, 2005.

STORELLI, M.M., MARCOTRIGIANO, G.O. Heavy metal residues in tissues of marine turtles. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, p. 397–400, 2003

STORELLI, M. M.; STORELLI, A.; D'ADDABBO, R.; MARANO, C.; BRUNO, R.; MARCOTRIGIANO, G.O. Trace elements in loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from the eastern Mediterranean Sea: overview and evaluation. **Environmental Pollution**, v. 135, p. 163–70, 2005.

THURMAN, H.V. **Introductory oceanography**. 8 Ed., p. 543, 1997.

VAN DE MERWE, J. P.; HODGE, M.; OLSZOWY, H. A.; WHITTIER, J. M.; LEE, S.Y. Using blood samples to estimate persistent organic pollutants and metals in green sea turtles (*Chelonia mydas*). **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, p. 579–588, 2010.

WALLNER-KERSANACH, M.; BIANCHINI, A. Metais traço em organismos: monitoramento químico e de efeitos biológicos. In: BAPTISTA NETO, J.A. et al. (eds.). **Poluição marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, v. 9, p.237-283, 2008.

WITT, M.J.; BRODERICK, A.C.; JOHNS, D.J.; MARTIN, C.; PENROSE, R.; HOOGMOED, M.S.; GODLEY, B.J. Prey landscapes help identify potential foraging habitats for leatherback turtles in the NE Atlantic. **Marine Ecology Progress Series**, v. 337 p. 231-244, 2007.

WYNEKEN, J.; BURKE, T.J.; SOLOMON, M.; PEDERSEN, D.K. Egg failure in natural and relocated sea turtle nests. **Journal of Herpetology**, v. 22, p. 88-96, 1988.

WYNEKEN, J. The Anatomy of Sea turtles. In: WYNEKEN, J.; BURKE, T.J.; SOLOMON, M.; PEDERSEN, D.K. (eds.). **Egg failure in natural and relocated sea turtle nests**. Journal of Herpetology, v. 22, p. 88-96, 2001.

## ANEXO I

**Normas para submissão de Artigo na Marine Pollution Bulletin, ISSN 0025-326X.**



# MARINE POLLUTION BULLETIN

The International Journal for Marine Environmental Scientists, Engineers, Administrators, Politicians and Lawyers

## AUTHOR INFORMATION PACK

### TABLE OF CONTENTS

●	<b>Description</b>	<b>p.1</b>
●	<b>Audience</b>	<b>p.1</b>
●	<b>Impact Factor</b>	<b>p.1</b>
●	<b>Abstracting and Indexing</b>	<b>p.2</b>
●	<b>Editorial Board</b>	<b>p.2</b>
●	<b>Guide for Authors</b>	<b>p.3</b>



ISSN: 0025-326X

### DESCRIPTION

*Marine Pollution Bulletin* is concerned with the rational use of maritime and **marine resources** in estuaries, the seas and oceans, as well as with documenting **marine pollution** and introducing new forms of measurement and analysis. A wide range of topics are discussed as news, comment, reviews and research reports, not only on **effluent disposal** and **pollution control**, but also on the **management, economic** aspects and **protection** of the **marine environment** in general.

A distinctive feature of *Marine Pollution Bulletin* is the number of different categories of articles which are published. Papers ('Reports') form the core of the journal, while 'Baselines' document measurements which are expected to have value in the future. 'Reviews' are generally invited by the [editors](#) on subjects which cross traditional lines, but suggestions for topics are welcomed. 'Viewpoints' are a less formal forum for scientists to comment freely on matters of relevant national and international importance. Other sections of the *Bulletin* include 'News', 'New Products', 'Conference Reports', 'Conference Diary', 'Correspondence' and 'Book Reviews'. Two volumes are published annually, one of which contains a series of special issues on topics of particular current interest. The importance and influence of these special issues, which address the major marine environmental concerns of our time, is increasingly being recognised not just by the wider scientific community, but also by environmental policy makers at national and international level.

#### Benefits to authors

We also provide many author benefits, such as free PDFs, a liberal copyright policy, special discounts on Elsevier publications and much more. Please click here for more information on our [author services](#).

Please see our [Guide for Authors](#) for information on article submission. If you require any further information or help, please visit our support pages: <http://support.elsevier.com>

### AUDIENCE

Marine pollution environmental scientists, engineers, administrators, managers, politicians and lawyers.

### IMPACT FACTOR

2014: 2.991 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2015

## ABSTRACTING AND INDEXING

---

Aqualine Abstracts  
 BIOSIS  
 Elsevier BIOBASE  
 Cambridge Scientific Abstracts  
 Chemical Abstracts  
 Current Contents/ASCA  
 Current Contents/Agriculture, Biology & Environmental Sciences  
 Marine Literature Review  
 EMBASE  
 Environmental Periodicals Bibliography  
 GEOBASE  
 Health and Safety Science Abstracts  
 Oceanographic Literature Review  
 Petroleum Abstracts  
 Science Citation Index  
 Tox Abstr Environment Abstracts  
 Fish and Fisheries Worldwide  
 Scopus  
 EMBiology

## EDITORIAL BOARD

---

### **Editor**

**Charles Sheppard**, Dept. of Biological Sciences, University of Warwick, Gibbet Hill Road, Coventry, CV4 7AL, UK

### **Baseline Editor**

**B.J. Richardson**, Dept. of Biology and Chemistry, City University of Hong Kong, 83 Tat Chee Avenue, Kowloon, Hong Kong

### **News Editor**

**P. Kingston**, Torryburn, Fife, Scotland, UK

### **Associate Editor**

**S. Bricker**, Maryland, USA

**J. Burt**, New York University Abu Dhabi

**P.M. Chapman**, Chapema Environmental Strategies Ltd, North Vancouver, British Columbia, Canada  
**F. Galgani**, Ifremer, France

**R. A. Hauser-Davis**, Federal University of the State of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

**P. Hutchings**, Australian Museum, Sydney, New South Wales, Australia  
**R.J. Law**, Ministry of Agriculture Fisheries & Food, Burnham-On-Crouch, UK

**S. Purkis**, Nova Southeastern University (NSU), Dania Beach, Florida, USA  
**P.K.S. Shin**, City University of Hong Kong, Kowloon, Hong Kong

### **Editorial Board**

**M Ateweberhan**, Coventry, England, UK

**A. Borja**, Pasaia, Spain

**G. Cognetti**, Pisa, Italy

**J.C. Dauvin**, Wimereux, France

**M. Elliott**, Hull, UK

**D.A. Holdway**, Bundoora, Victoria, Australia  
**K.M.Y. Leung**, Hong Kong, China

**M. Martin**, Marposa, California, USA

**B. Morton**, London, UK

**J. Pearce**, Falmouth, Massachusetts, USA

**J.W. Readman**, Hoe, Plymouth, UK

**K. Schiff**, Costa Mesa, California, USA

**R.S. Tjeerdema**, Davis, California, USA

**A. Turner**, Plymouth, England, UK

**R.K.F. Unsworth**, Swansea, Wales, UK

**V. Wepener**, Potchefstroom, South Africa

## GUIDE FOR AUTHORS

---

### *Your Paper Your Way*

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

**To find out more, please visit the Preparation section below.**

## INTRODUCTION

### *Types of paper*

Research Reports; Shorter Research Notes; Baseline Records of Contamination Levels; Viewpoint Articles; Letters to the Editor; Focus Articles (short reviews of 1500 words); Reviews.

## BEFORE YOU BEGIN

### *Ethics in publishing*

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <https://www.elsevier.com/publishingethics> and <https://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

### *Conflict of interest*

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <https://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: [http://service.elsevier.com/app/answers/detail/a\\_id/286/supporthub/publishing](http://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/supporthub/publishing).

### *Submission declaration and verification*

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <https://www.elsevier.com/sharingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <https://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

### *Contributors*

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

### *Changes to authorship*

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

### **Article transfer service**

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. More information about this can be found here: <https://www.elsevier.com/authors/article-transfer-service>.

### **Copyright**

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <https://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <https://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <https://www.elsevier.com/permissions>.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <https://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <https://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

### **Author rights**

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. For more information see <https://www.elsevier.com/copyright>.

### **Role of the funding source**

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

### **Funding body agreements and policies**

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some authors may also be reimbursed for associated publication fees. To learn more about existing agreements please visit <https://www.elsevier.com/fundingbodies>.

### **Open access**

This journal offers authors a choice in publishing their research:

#### **Open access**

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf e.g. by their research funder or institution

#### **Subscription**

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs (<https://www.elsevier.com/access>).
- No open access publication fee payable by authors.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:

### *Creative Commons Attribution (CC BY)*

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

### *Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)*

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **USD 3000**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <https://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

### **Green open access**

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our green open access page for further information (<http://elsevier.com/greenopenaccess>). Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form.

This journal has an embargo period of 24 months.

### **Language Services**

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review. Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com> for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

### **Referees**

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our [Support site](#). Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

### **Page charges**

Marine Pollution Bulletin has no page charges.

## **PREPARATION**

### **NEW SUBMISSIONS**

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or lay-out that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

### **References**

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination

must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

### **Formatting requirements**

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

### **Abstract**

Abstracts should not exceed 150 words.

### **Keywords**

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Where relevant these should include the main species concerned, the geographical area and the contaminant. Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Please note that the instructions related to Abstract and Graphical abstract still apply to all new submissions.

### **REVISED SUBMISSIONS**

#### *Use of word processing software*

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <https://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

### **LaTeX**

You are recommended to use the Elsevier article class *elsarticle.cls* (<http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/elsarticle>) to prepare your manuscript and BibTeX (<http://www.bibtex.org>) to generate your bibliography.

For detailed submission instructions, templates and other information on LaTeX, see <https://www.elsevier.com/latex>.

### **Essential title page information**

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

## Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

## Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <https://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples. Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

## Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <https://www.elsevier.com/highlights> for examples.

## Artwork

### Electronic artwork

#### General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files. A detailed guide on electronic artwork is available on our website: <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

#### Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300

dpi. TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

#### Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

#### Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

### *Figure captions*

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

### **References**

#### *Citation in text*

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

#### *Reference management software*

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles (<http://citationstyles.org>), such as Mendeley (<http://www.mendeley.com/features/reference-manager>) and Zotero (<https://www.zotero.org/>), as well as EndNote (<http://endnote.com/downloads/styles>). Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/marine-pollution-bulletin>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

#### *Reference formatting*

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

### **Video data**

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

### **AudioSlides**

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and

to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <https://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

### **Supplementary material**

Supplementary material can support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Please note that such items are published online exactly as they are submitted; there is no typesetting involved (supplementary data supplied as an Excel file or as a PowerPoint slide will appear as such online). Please submit the material together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. If you wish to make any changes to supplementary data during any stage of the process, then please make sure to provide an updated file, and do not annotate any corrections on a previous version. Please also make sure to switch off the 'Track Changes' option in any Microsoft Office files as these will appear in the published supplementary file(s). For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

### **Database linking**

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving readers access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research. Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <https://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases.

### **Google Maps and KML files**

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. For more information see <https://www.elsevier.com/googlemaps>.

### **Interactive plots**

This journal enables you to show an Interactive Plot with your article by simply submitting a data file. For instructions please go to <https://www.elsevier.com/interactiveplots>.

### **Submission checklist**

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

#### **Ensure that the following items are present:**

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)

Printed version of figures (if applicable) in color or black-and-white

- Indicate clearly whether or not color or black-and-white in print is required.

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

## **AFTER ACCEPTANCE**

### **Use of the Digital Object Identifier**

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal

medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

### Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

### Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a personalized link providing 50

free access to the published version of the article on [ScienceDirect](#). This link can

be shared via email and social networks. For an extra charge, paper offprints

can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/booklets>).

Contributors to Elsevier journals are entitled to a 30% discount on most Elsevier books, if ordered directly from Elsevier.

### AUTHOR INQUIRIES

You can track your submitted article at <https://www.elsevier.com/track-submission>. You can track your accepted article at <https://www.elsevier.com/trackarticle>. You are also welcome to contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

© Copyright 2014 Elsevier | <http://www.elsevier.com>

## ANEXO II

Autorização do SISBIO/ICMBIO nº 45623-1



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

<b>Número: 45623-1</b>	<b>Data da Emissão: 26/09/2014 08:19</b>	<b>Data para Revalidação*: 26/10/2015</b>
* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: Thyara Noely Simões	CPF: 074.471.124-02
Título do Projeto: AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE METAIS PESADOS EM OVOS, SANGUE E ALGAS ASSOCIADAS NAS TARTARUGAS MARINHAS DA ESPÉCIE <i>Eretmochelys imbricata</i> (Linnaeus, 1766) NO LITORAL SUL DO MUNICÍPIO DO IPOJUCA, BRASIL	
Nome da Instituição : UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	CNPJ: 24.134.488/0001-08

#### Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	captura de animais silvestres in situ	09/2014	07/2016
2	coleta/transporte de amostras biológicas in situ	09/2014	07/2016

#### Observações e ressalvas

S.	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia. Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
Q.	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa IBAMA nº 154/2007 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	A autorização para envio ao exterior de material biológico não consignado deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico <a href="http://www.ibama.gov.br">www.ibama.gov.br</a> (Serviços on-line - Licença para importação ou exportação de flora e fauna - CITES e não CITES).
T.	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
U.	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio e o material biológico coletado apreendido nos termos da legislação brasileira em vigor.
V.	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospeção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em <a href="http://www.mma.gov.br/cgen">www.mma.gov.br/cgen</a> .
8	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

#### Outras ressalvas

1	A pesquisadora deverá fazer contato com a coordenação regional do TAMAR PE/RN para programar capacitação para a coleta de sangue.
---	---

#### Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1		PE	Praias do município do Ipojuca	Fora de UC Federal

#### Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxons
1	Captura de animais silvestres in situ	<i>Eretmochelys imbricata</i>
2	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	<i>Eretmochelys imbricata</i>

Este documento (Autorização para atividades com **SISBIO** finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na

**Código de autenticação: 16355683**





Ministério do Meio Ambiente - MMA  
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

<b>Número: 45623-1</b>	<b>Data da Emissão: 26/09/2014 08:19</b>	<b>Data para Revalidação*: 26/10/2015</b>
* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: Thyara Noely Simões	CPF: 074.471.124-02
Título do Projeto: AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE METAIS PESADOS EM OVOS, SANGUE E ALGAS ASSOCIADAS NAS TARTARUGAS (Linnaeus, 1766) NO LITORAL SUL DO MUNICÍPIO DO IPOJUCA, BRASIL	
MARINHAS DA ESPÉCIE Eretmochelys imbricata <b>SISBIO</b>	
Nome da Instituição : UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	CNPJ: 24.134.488/0001-08

#### Material e métodos

1	Amostras biológicas (Tartarugas marinhas)	Outras amostras biológicas(cascas de ovos e algas associados no casco), Sangue
2	Método de captura/coleta (Tartarugas marinhas)	Captura manual
3	Método de marcação (Tartarugas marinhas)	Foto-identificação, Anilha

#### Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 154/2007. Através do

código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na

**Código de autenticação: 16355683**



Página 2/4



Este documento (Autorização para atividades com **SISBIO** finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMbio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

**Código de autenticação: 16355683**



Página 3/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

<b>Número: 45623-1</b>	<b>Data da Emissão: 26/09/2014 08:19</b>	<b>Data para Revalidação*: 26/10/2015</b>
* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: Thyara Noely Simões	CPF: 074.471.124-02
Título do Projeto: AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE METAIS PESADOS EM OVOS, SANGUE E ALGAS ASSOCIADAS NAS TARTARUGAS	
MARINHAS DA ESPÉCIE <i>Eretmochelys imbricata</i> (Linnaeus, 1766) NO LITORAL SUL DO MUNICÍPIO DO IPOJUCA, BRASIL	

Nome da Instituição : UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CNPJ: 24.134.488/0001-08

\* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

~~Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 154/2007. Através do~~

código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na

**Código de autenticação: 16355683**



Página 4/4

## **ANEXO III**

### **Regulamentação da Comissão de Ética no Uso de Animais**



**Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Ciências Biológicas**

Av. Prof. Nelson Chaves, s/n  
50670-420 / Recife - PE - Brasil  
fones: (55 81) 2126 8840 | 2126 8351  
fax: (55 81) 2126 8350  
www.ccb.ufpe.br

Recife, 01 de abril de 2015.

Ofício nº 26/15

Da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFPE

Para: **Prof. Cristiano Aparecido Chagas**  
Núcleo de Biologia – Centro Acadêmico de Vitória  
Universidade Federal de Pernambuco  
Processo nº 23076.054310/2014-70

Os membros da Comissão de Ética no Uso de Animais do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco (CEUA-UFPE) avaliaram seu projeto de pesquisa intitulado, "**Avaliação da presença de metais pesados em ovos, sangue e algas associadas de tartarugas marinhas da espécie *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) no litoral sul do município do Ipojuca, Brasil**".

Concluimos que os procedimentos descritos para a utilização experimental dos animais encontram-se de acordo com as normas sugeridas pelo Colégio Brasileiro para Experimentação Animal e com as normas internacionais estabelecidas pelo National Institute of Health Guide for Care and Use of Laboratory Animals as quais são adotadas como critérios de avaliação e julgamento pela CEUA-UFPE.

Encontra-se de acordo com as normas vigentes no Brasil, especialmente a Lei 11.794 de 08 de outubro de 2008, que trata da questão do uso de animais para fins científicos e didáticos.

Diante do exposto, emitimos **parecer favorável** aos protocolos experimentais a serem realizados.

Origem dos animais: praias de Ipojuca-PE; Animais: répteis; Linhagem: *Eretmochelys imbricata*; Peso: 150kg; Sexo: fêmeas; Nº total de animais: 20.

Atenciosamente,

**Prof. Dr. Pedro V. Carelli**  
Presidente da CEUA / CCB - UFPE  
SIAPE 1801584